UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA

Harmonização de um conjunto de dados geográficos prioritário no âmbito da Diretiva INSPIRE

Ana Leonor Salgueiro Vaz Queiroz

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica - Tecnologias e Aplicações

Trabalho de Projeto orientado por:
Prof. Dra. Ana Cristina Navarro Ferreira

2020

AGRADECIMENTOS

Ao Eng. Joaquim Pinto da Costa, Diretor do Departamento de Tecnologias e Sistemas de Informação (DTSI) da Agência Portuguesa do Ambiente, I. P. (APA), que suscitou o meu interesse pela área de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Muito obrigada por acompanhar o meu percurso académico, pelo incentivo, apoio e experiência concedida na instituição para a concretização do presente trabalho de projeto.

Ao Luís Baltazar, Especialista de Informática da Divisão de Sistemas de Informação (DSI) do DTSI da APA, por ser o meu coordenador no âmbito do presente projeto e que me elucidou sobre as demais matérias abordadas. Agradeço pelo desafio proposto e o encorajamento para abraçar este projeto, pela total disponibilidade em ajudar e pelas palavras de incentivo.

À Sofia Cunha, Técnica de SIG da DSI do DTSI da APA, por toda ajuda profissional e acompanhamento técnico que se traduziu como o pilar da componente prática do presente projeto. Muito obrigada pela tolerância aquando as minhas dúvidas, total disponibilidade, apoio e ajuda.

À Cristina Antunes, Técnica de SIG da DSI do DTSI da APA, agradeço os conselhos, o incentivo e críticas construtivas ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Ao António Braz, Especialista de Informática da DSI do DTSI da APA, agradeço pelo suporte e ensinamentos informáticos que foram cruciais para a harmonização do CDG prioritário, que por sua vez também ajudaram a melhor desenvolver a componente teórica do trabalho. Agradeço por todas as vezes que disponibilizou o seu tempo para me ajudar e pela condescendência que teve em explicar-me matérias que eu não dominava plenamente.

Aos restantes elementos da equipa e da APA, como os técnicos Paulo Cruz e Sandra Sousa, igualmente aos supramencionados, agradeço pela amizade, receção calorosa e por terem proporcionado um ambiente profissional extraordinário que me motivava diariamente. Integraram-me na instituição demonstrando que era uma mais-valia, onde experienciei a essência de trabalhar numa equipa no seu verdadeiro significado.

Ao Francisco Gesteira, Consultor FME da *Con Terra GmbH*, pela total disponibilidade, apoio e úteis sugestões na resolução de questões surgidas aquando a utilização da aplicação FME.

Ao Thorsten Reitz, Diretor Executivo da *Wetransform.to*, pelo esclarecimento de dúvidas aquando a utilização da aplicação HALE e *webinars* realizados.

Aos técnicos que se disponibilizaram em responder às minhas questões, agradeço a ajuda obtida através das plataformas '*GitHub'*, '*INSPIRE Community Forum*' e '*FME Community*', nomeadamente Fabio Vinci, *GIS Developer* no *Joint Research Centre* (JRC) da Comissão Europeia (CE), Iurie Maxim, *GIS Manager* da *Essensys Software*, Jose M. Asensio Mahugo, *Analyst and Developer* da *Bilbomática*, Daniel Navarro da *Geograma GIS & Mapping Services*, Katharina Schleidt, *Head Geek* da *DataCove e.U.*, Stefania Morrone, *INSPIRE & SDI Senior expert* da *Epsilon Italia* e Mark Stoakes da *Safe Software Inc*.

À Prof. Dra. Ana Cristina Ferreira, do Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, agradeço por se disponibilizar em ser orientadora, pela atenção despendida e sugestões de melhoria para o presente trabalho.

RESUMO

No presente trabalho de projeto pretendeu-se realizar a harmonização de um conjunto de dados geográficos (CDG) prioritário do Anexo III da Diretiva INSPIRE, recorrendo a duas aplicações informáticas (proprietária e livre de código aberto) para o estudo comparativo do processo de transformação dos dados no âmbito da interoperabilidade e harmonização imposta pela presente diretiva. O CDG objeto de estudo deste trabalho, é um dos CDG prioritários para a monitorização anual, *e-Reporting*, da União Europeia (UE), da responsabilidade da Agência Portuguesa do Ambiente (APA). O CDG refere-se às instalações de monitorização do ambiente das águas balneares de Portugal e deverá estar em conformidade com as disposições de execução (*INSPIRE Implementing Rules on interoperability of spatial data sets and services*, IRs) e as especificações técnicas (*Technical Guidelines*, TG) definidas pela Diretiva INSPIRE e com os padrões e as normas do *Open Geospatial Consortium* (OGC) e da *International Organization for Standardization* (ISO). O trabalho de projeto inclui um breve enquadramento sobre a Diretiva INSPIRE e a APA. Aborda de forma sucinta as TG INSPIRE, os dados prioritários relacionados com relatórios ambientais e as abordagens de harmonização. Apresenta a missão, os CDG e o trabalho desenvolvido pela APA e indica as Redes Temáticas a que pertence, no âmbito do desenvolvimento do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) e da implementação da presente diretiva. Analisa dois casos de inspiração, Luxemburgo (LUX) e Áustria (AT). Expõe a análise do modelo de dados fonte (*source data model*) da APA e do modelo de dados alvo (*target data model*) da Diretiva INSPIRE, incluindo os atributos, as associações e as restrições de integridade, do tema Instalações de Monitorização do Ambiente (*Theme Environmental Monitoring Facilities*, EF). Identifica os elementos de cada modelo e apresenta a respetiva tabela de correspondência (*mapping table*). Detalha as duas transformações realizadas nas aplicações *Feature Manipulation Engine* (FME) e *HUMBOLDT Alignment Editor* (HALE), destacando as características técnicas pertinentes de cada uma e expondo a modelação adotada. Lista os *Abstract Test Suite* (ATS), das especificações de dados (*Data Specifications*, DS) do tema EF, aos quais os ficheiros GML foram submetidos e apresenta os resultados obtidos pelos serviços *INSPIRE Validator* e *eENVplus Validation Service*, que indicam o grau de conformidade com as IRs e TG INSPIRE. Por fim, são apresentadas as conclusões do trabalho, versando sobre as consequências e as implicações verificadas, as dificuldades e as limitações encontradas ao longo do projeto, propondo novas perspetivas como sugestão de melhoria.

PALAVRAS-CHAVE: Diretiva INSPIRE, APA, Harmonização, Interoperabilidade, CDG.

ABSTRACT

This project work aimed to harmonize a priority spatial data set in Annex III of the INSPIRE Directive, using two software (proprietary and free open source) for comparative study of the data transformation process within the framework of interoperability and harmonization imposed by this Directive. The object of study priority spatial data set of this work, is one of the priority spatial data set for the annual monitoring, e-Reporting, of the European Union, under the responsibility of the Portuguese Environment Agency (*Agência Portuguesa do Ambiente*, APA). The spatial data set refers to the environmental monitoring facilities of Portugal bathing waters and must comply with the INSPIRE Implementation Rules on interoperability of spatial data sets and services (IRs) and Technical Guidelines (TG) defined by the INSPIRE Directive and the standards and norms of the Open Geospatial Consortium (OGC) and the International Organization for Standardization (ISO). The project work includes a brief overview of the INSPIRE Directive and the APA. It briefly addresses about INSPIRE TG, Priority Data Sets related to environmental reporting and harmonization approaches. It presents the mission, the spatial data sets and the work developed by APA and indicates the Thematic Clusters which it belongs, in the scope of the Portuguese National Geographic Information System (*Sistema Nacional de Informação Geográfica*, SNIG) development and the present directive implementation. It analyzes two cases of inspiration, Luxembourg and Austria. It presents an analysis of the APA source data model and the INSPIRE Directive target data model, including the attributes, associations and constraints, of the Theme Environmental Monitoring Facilities (EF). Identifies the elements of each model and presents the corresponding mapping table. It details the two transformations carried out by the Feature Manipulation Engine (FME) and HUMBOLDT Alignment Editor (HALE) software, highlighting the technical characteristics of each one and exposing the adopted modeling. Lists the Abstract Test Suite (ATS) of EF theme Data Specifications (DS), which the GML files have been submitted and presents the results obtained from the INSPIRE Validator and eENVplus Validation Service, which confirms compliance with the INSPIRE IRs and TG. Finally, the conclusions of the work are presented, dealing with the verified consequences and implications, the difficulties and limitations encountered throughout the project, proposing new perspectives as a suggestion for improvement.

KEY WORDS: INSPIRE Directive, APA, Harmonization, Interoperability, CDG.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS i
RESUMO iii
ABSTRACT v
LISTA DE FIGURAS ix
LISTA DE TABELAS xiii
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS xv
1 Introdução 1
1.1 Enquadramento 1
1.2 Objetivo 2
1.3 Metodologia 2
1.4 Organização 3
2 No âmbito da Diretiva INSPIRE 5
2.1 Diretiva INSPIRE 5
2.2 Em Portugal 6
2.3 Especificações técnicas INSPIRE 7
2.4 Dados prioritários INSPIRE 11
2.5 Abordagens e ferramentas de harmonização 12
2.5.1 Visão geral das abordagens de harmonização 12
2.5.2 Visão geral de duas ferramentas de harmonização 13
2.5.2.1 *Feature Manipulation Engine* - FME 13
2.5.2.2 *HUMBOLDT Alignment Editor* - HALE 15
2.6 Validação de Conjuntos de Dados Geográficos - CDG 17
3 A Agência Portuguesa do Ambiente - APA 21
3.1 A missão da APA 21
3.2 Os CDG da APA 22
3.3 Harmonização de CDG no contexto da APA 23
4 Dados e metodologia 25
4.1 Águas balneares de Portugal 25
4.2 Método: harmonização por comparação FME com HALE 27
4.2.1 Comparação das ferramentas de harmonização 30
5 Modelos de dados 31
5.1 Modelo de dados fonte: Águas balneares de Portugal 31
5.2 Modelo de dados alvo: Instalações de Monitorização do Ambiente 32
5.2.1 Modelo de dados alvo: CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal 45
5.3 Tabela de correspondência 49
5.3.1 Tabela de correspondência do CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal 50
5.4 Casos de inspiração 51

5.4.1 Luxemburgo ... 51
5.4.2 Áustria ... 52
5.4.3 Reflexão ... 54
6 Transformação de dados para a harmonização ... 57
6.1 Transformação no FME ... 57
6.2 Transformação no HALE ... 63
6.3 Análise das ferramentas de harmonização ... 70
7 Validação de dados harmonizados ... 73
7.1 Parte 1 dos *Abstract Test Suite* ... 73
7.1.1 A.1 *Application Schema Conformance Class* ... 73
7.1.2 A.2 *Reference Systems Conformance Class* ... 75
7.1.3 A.3 *Data Consistency Conformance Class* ... 77
7.1.4 A.4 *Data Quality Conformance Class* ... 79
7.1.5 A.5 *Metadata IR Conformance Class* ... 79
7.1.6 A.6 *Information Accessibility Conformance Class* ... 80
7.1.7 A.7 *Data Delivery Conformance Class* ... 81
7.1.8 *A.8 Portrayal Conformance Class* ... 81
7.2 Parte 2 dos *Abstract Test Suite* ... 81
7.2.1 A.9 *Technical Guideline Conformance Class* ... 82
7.3 Resultados dos serviços de validação ... 85
7.3.1 Ficheiro PT_EF_BW_FME.gml ... 86
7.3.1.1 Resultados do *INSPIRE Validator* ... 86
7.3.1.2 Resultados do *eENVplus Validation Service* ... 87
7.3.2 Ficheiro PT_EF_BW_HALE.gml ... 88
7.3.2.1 Resultados do *INSPIRE Validator* ... 88
7.3.2.2 Resultados do *eENVplus Validation Service* ... 90
8 Conclusões ... 91
8.1 Consequências e implicações ... 91
8.2 Dificuldades e limitações ... 92
8.3 Novas perspetivas ... 92
Referências bibliográficas ... 95
ANEXOS ... 99
ANEXO A. CDG da responsabilidade da APA ... 101
ANEXO B. Diagrama UML do modelo de dados do EF ... 105

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: *Road Map Graphic*. Fonte: INSPIRE [3]. 5
Figura 2-2: Relação entre as IRs e as TG. Adaptado de: INSPIRE (2013) [9]. 10
Figura 2-3: Alternativas de implementação. Adaptado de: Tirry, D. e Keijers, S. (2018) [8]. ... 12
Figura 2-4: Ambiente *FME Workbench*. 13
Figura 2-5: Ambiente *FME Data Inspector*. 14
Figura 2-6: Passos gerais num projeto de transformação em FME. 15
Figura 2-7: *HALE Default perspective*. 16
Figura 2-8: *HALE Map perspective*. 16
Figura 2-9: Passos gerais num projeto de transformação em HALE. 17
Figura 2-10: ETS com implementação física dos ATS. Adaptado de: EPSILON Italia (2016) [19]. 19
Figura 2-11: *INSPIRE Validator*. 19
Figura 2-12: *eENVplus Validation Service*. 20
Figura 3-1: Sítio de internet do SNIAmb. 22
Figura 4-1: Sítio de internet do REA. 25
Figura 4-2: Sítio de internet do SNIRH. 26
Figura 4-3: Processo de harmonização por comparação de FME e HALE. 27
Figura 5-1: Excerto da tabela dos elementos do modelo de dados fonte. 31
Figura 5-2: *Package dependency of the EF application schema*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. .. 33
Figura 5-3: Classe *Identifier*. Adaptado de: INSPIRE (2014) [36]. 34
Figura 5-4: Classe *VoidReasonValue*. Adaptado de: INSPIRE (2014) [36]. 34
Figura 5-5: Classe *LegislationCitation*. Adaptado de: INSPIRE (2014) [36]. 36
Figura 5-6: Classes *RelatedParty* e *Contact*. Adaptado de: INSPIRE (2014) [36]. 37
Figura 5-7: Classes *AddressRepresentation* e *GeographicalName*. Adaptado de: INSPIRE [37] e [38]. 37
Figura 5-8: Generalização da superclasse AMO para EMF. Fonte: INSPIRE [3]. 39
Figura 5-9: Classes AMF, EMA e EMP. Fonte: INSPIRE [3]. 41
Figura 5-10: Relação ternária no modelo de dados do EF. Adaptado de: INSPIRE [3]. 42
Figura 5-11: *ObservingCapability and link to OM_Observation*. Fonte: INSPIRE [3]. 43
Figura 5-12: Classe *ReportToLegalAct*. Adaptado de: INSPIRE (2013) [9]. 44
Figura 5-13: Diagrama UML do CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal. Adaptado de: INSPIRE (2013) [9]. 46
Figura 5-14: Colunas *Status* e *Remarks* na tabela de correspondência do tema EF. 49
Figura 5-15: Tabela de correspondência do CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal. 50
Figura 5-16: Elementos presentes no modelo de dados do LUX (1). 51
Figura 5-17: Elementos presentes no modelo de dados do LUX (2). 51
Figura 5-18: Elementos presentes no modelo de dados do LUX (3). 52
Figura 5-19: Elementos presentes no modelo de dados da AT (1). 52
Figura 5-20: Elementos presentes no modelo de dados da AT (2). 53
Figura 5-21: Elementos presentes no modelo de dados da AT (3). 53
Figura 6-1: Fluxo de dados entre transformadores, do *Reader* ao *Writer* no FME. 57
Figura 6-2: Preenchimento do *Target xsi:schemaLocation URL* nas definições do *Writer*, FME. 58
Figura 6-3: Criação de elementos do GML e atributos herdados da superclasse AMO, FME. .. 59
Figura 6-4: Criação do atributo *legalBackground* do tipo *LegislationCitation* herdado da superclasse AMO, FME. 59

Figura 6-5: Criação dos restantes atributos e associações herdados da superclasse AMO, FME. 60
Figura 6-6: Criação dos atributos e associações herdados da subclasse AMF, FME..... 61
Figura 6-7: Criação dos atributos e associações da subclasse EMF, FME. 62
Figura 6-8: Visualização do PT_EF_BW_FME.gml na aplicação informática QGIS 3.12.1..... 63
Figura 6-9: Ativação de esquemas envolvidos, HALE. 64
Figura 6-10: Mapeamento de elementos do GML e atributos herdados da superclasse AMO, HALE. 65
Figura 6-11: Mapeamento de *legalBackground* e *responsibleParty*, herdados da superclasse AMO, HALE. 66
Figura 6-12: Mapeamento dos restantes atributos e associações herdados da superclasse AMO, HALE. 67
Figura 6-13: Mapeamento dos atributos e associações herdados da subclasse AMF, HALE..... 68
Figura 6-14: Mapeamento dos atributos e associações da subclasse EMF, HALE..... 69
Figura 6-15: Visualização do PT_EF_BW_HALE.gml na aplicação informática QGIS 3.12.1. 70
Figura 7-1: Estrutura do A.1.1 *Schema element denomination test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 73
Figura 7-2: Estrutura do A.1.2 *Value type test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 73
Figura 7-3: Estrutura do A.1.3 *Value test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 74
Figura 7-4: Estrutura do A.1.4 *Attributes/ associations completeness test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 74
Figura 7-5: Estrutura do A.1.5 *Abstract spatial object test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 74
Figura 7-6: Estrutura do A.1.6 *Constraints test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 75
Figura 7-7: Estrutura do A.1.7 *Geometry representation test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 75
Figura 7-8: Estrutura do A.2.1 *Datum test.* Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 75
Figura 7-9: Estrutura do A.2.2 *Coordinate reference system test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].. 76
Figura 7-10: Estrutura do A.2.3 *Grid test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 76
Figura 7-11: Estrutura do A.2.4 *View service coordinate reference system test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 77
Figura 7-12: Estrutura do A.2.5 *Temporal reference system test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. . 77
Figura 7-13: Estrutura do A.2.6 *Units of measurements test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 77
Figura 7-14: Estrutura do A.3.1 *Unique identifier persistency test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 78
Figura 7-15: Estrutura do A.3.2 *Version consistency test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 78
Figura 7-16: Estrutura do A.3.3 *Life cycle time sequence test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 78
Figura 7-17: Estrutura do A.3.4 *Validity time sequence test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 79
Figura 7-18: Estrutura do A.3.5 *Update frequency test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 79
Figura 7-19: Estrutura do A.5.1 *Metadata for interoperability test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 79
Figura 7-20: Estrutura do A.6.1 *Code list publication test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 80
Figura 7-21: Estrutura do A.6.2 *CRS publication test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 80
Figura 7-22: Estrutura do A.6.3 *CRS identification test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 80
Figura 7-23: Estrutura do A.6.4 *Grid identification test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 81
Figura 7-24: Estrutura do A.7.1 *Encoding compliance test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 81
Figura 7-25: Estrutura do A.8.1 *Layer designation test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 81
Figura 7-26: Estrutura do A.9.1 *Multiplicity test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 82
Figura 7-27: Estrutura do A.9.1 *CRS http URI test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 82
Figura 7-28: Estrutura do A.9.2 *Metadata encoding schema validation test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 82
Figura 7-29: Estrutura do A.9.3 *Metadata occurrence test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 83

Figura 7-30: Estrutura do A.9.4 *Metadata consistency test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 83
Figura 7-31: Estrutura do A.9.5 *Encoding schema validation test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].83
Figura 7-32: Estrutura do A.9.6 *Coverage multipart representation test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 84
Figura 7-33: Estrutura do A.9.7 *Coverage domain consistency test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]. 84
Figura 7-34: Estrutura do A.9.8 *Style test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9]..... 84
Figura 7-35: ETS do *INSPIRE Validator* para conjuntos de dados interoperáveis. Fonte: INSPIRE Validator..... 85
Figura 7-36: ETS para o tema EF. Fonte: eENVplus Validation Service. 85
Figura 7-37: Resultado de *Conformance class*: *Data consistency*, *General requirements* (1). .. 86
Figura 7-38: Resultado de *Conformance class*: *INSPIRE GML application schemas*, *General requirements* (1). 86
Figura 7-39: Resultado de *Conformance class*: *Information accessibility*, *General requirements* (1). 87
Figura 7-40: Resultado de *Conformance class*: *Reference systems*, *General requirements* (1).. 87
Figura 7-41: Resultado da sessão de validação do PT_EF_BW_FME.gml. 87
Figura 7-42: Vista geral dos resultados de PT_EF_BW_FME.gml. 88
Figura 7-43: Resultado de *Conformance class*: *Data consistency*, *General requirements* (2). .. 88
Figura 7-44: Resultado de *Conformance class*: *INSPIRE GML application schemas*, *General requirements* (2). 89
Figura 7-45: Resultado de *Conformance class*: *Information accessibility*, *General requirements* (2). 89
Figura 7-46: Resultado de *Conformance class*: *Reference systems*, *General requirements* (2).. 89
Figura 7-47: Resultado da sessão de validação do PT_EF_BW_HALE.gml..... 90
Figura 7-48: Vista geral dos resultados de PT_EF_BW_HALE.gml..... 90
Figura 8-1: Logotipo INSPIRE. Fonte: INSPIRE [3]. 94

LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1: Termos no âmbito dos objetivos e implicações da Diretiva INSPIRE. 6
Tabela 2-2: Anexos e categorias temáticas INSPIRE. 9
Tabela 2-3: Domínios ambientais INSPIRE. 11
Tabela 2-4: Legislação relacionada com Relatórios Ambientais. 11
Tabela 2-5: ATS do tema Instalações de Monitorização do Ambiente (EF). 18
Tabela 3-1: Temas onde se inserem os CDG da responsabilidade da APA. 22
Tabela 3-2: Redes Temáticas – APA. 23
Tabela 3-3: CDG harmonizados pela APA. 23
Tabela 4-1: Comparação das funcionalidades das aplicações informáticas FME e HALE. 30
Tabela 5-1: Características do modelo de dados fonte da APA. 31
Tabela 5-2: Valores de multiplicidade dos atributos. 35
Tabela 5-3: Composição do modelo de dados alvo do tema EF. 38
Tabela 5-4: Composição do modelo de dados alvo do CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal. 45
Tabela 5-5: Elementos presentes no CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal (1). 47
Tabela 5-6: Elementos presentes no CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal (2). 48
Tabela 5-7: Elementos presentes no CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal (3). 48
Tabela 5-8: Valores para a coluna *Status* da tabela de correspondência. Adaptado de: Zuna (2016) [20]. 50
Tabela 5-9: Comparação de elementos entre os casos de inspiração. 55
Tabela 6-1: Fatores considerados nas ferramentas de harmonização. 71
Tabela 6-2: Comparação de elementos modelados entre FME e HALE. 72

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

AD	*Theme Addresses*
AM	*Theme Area Management/ Restriction/ Regulation Zones and Reporting Units*
AMF	*Abstract Monitoring Feature*
AMN	Autoridade Marítima Nacional
AMO	*Abstract Monitoring Object*
APA	Agência Portuguesa do Ambiente, I. P.
APSFR	*Areas of Potential Significant Flood Risk*
AT	Áustria
ATS	*Abstract Test Suite*
BD	Base de dados
CDG	Conjuntos de Dados Geográficos
CE	Comissão Europeia
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Emissão
CNIG	Centro Nacional de Informação Geográfica
CO-SNIG	Conselho de Orientação do Sistema Nacional de Informação Geográfica
CRS	*Coordinate Reference System*
CSDG	Conjuntos e Serviços de Dados Geográficos
DGADR	Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
DGRM	Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos
DGS	Direção-Geral da Saúde
DGT	Direção-Geral do Território
DQA	Diretiva-Quadro Água n.º 2000/60/CE, de 23 de outubro de 2000
DRH	Departamento de Recursos Hídricos (APA)
DS	*Data Specifications*
DSI	Divisão de Sistemas de Informação (APA)
DTSI	Departamento de Tecnologias e Sistemas de Informação (APA)
EEA	*European Environment Agency*
E-ESDI Expert Group	*Environmental European Spatial Data Infrastructure Expert Group*
EF	*Theme Environmental Monitoring Facilities*
EIONET	*European Environment Information and Observation Network*
EM	Estados-Membros
EMA	*Environmental Monitoring Activity*
EMF	*Environmental Monitoring Facility*
EMN	*Environmental Monitoring Network*
EMP	*Environmental Monitoring Programme*
EPSG	*European Petroleum Survey Group*
ESDI	*European Spatial Data Infrastructure*
ESRI	*Environmental Systems Research Institute*
ETL	*Extract, Transform, Load*
ETRS89	*European Terrestrial Reference System* 1989
ETS	*Executable Test Suite*

FME	*Feature Manipulation Engine*
GC-GTI	Grupo de Coordenação dos Grupos de Trabalho INSPIRE-PT
GCM	*Generic Conceptual Model*
GCS	*Geographic Coordinate System*
GDB	*Geodatabase*
GML	*Geography Markup Language*
GN	*Theme Geographical Names*
GTI-M&R	Grupo de Trabalho de Monitorização e Elaboração de Relatórios do CO-SNIG
GTI-Op	Grupo de Trabalho Operacional
GTI-TE	Grupos de Trabalho Temáticos
GTI-TR	Grupo de Trabalho Transversal
HALE	*HUMBOLDT Alignment Editor*
HY	*Theme Hydrography*
IIG	Infraestrutura de Informação Geográfica
INSPIRE	*INfrastruture for SPatial Information in Europe*
IRs	*INSPIRE Implementing Rules on interoperability of spatial data sets and services*
ISBN	*International Standard Book Number*
ISDSS	*Interoperability of Spatial Data Sets and Services* (Regulamento (UE) n.º 1089/2010, de 23 de novembro de 2010 [1])
ISN	Instituto de Socorros a Náufragos
ISO	*International Organization for Standardization*
ISSN	*International Standard Serial Number*
ITRS	*International Terrestrial Reference System*
JRC	*Joint Research Centre*
LU	*Theme Land Use*
LUX	Luxemburgo
MIWP	*Maintenance and Implementation Work Programme*
NZ	*Theme Natural Risk Zones*
O&M	*Observations and measurements standard* (ISO 19156:2011)
OGC	*Open Geospatial Consortium*
PCN	Ponto de Contacto Nacional
PF	*Theme Production and Industrial Facilities*
PGRH	Planos de Gestão de Região Hidrográfica
POAAP	Planos de Ordenamento de Albufeiras de Águas Públicas
POC	Programas da Orla Costeira
POOC	Planos de Ordenamento da Orla Costeira
PRTR	Registo Europeu de Emissões e Transferência de Poluentes
QGIS	*Quantum Geographic Information System*
RADNET	*RADAR Data Network*
REA	Relatório do Estado do Ambiente
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SILOGR	Operadores de Gestão de Resíduos
SNIAmb	Sistema Nacional de Informação de Ambiente
SNIG	Sistema Nacional de Informação Geográfica
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
TG	*Technical Guidelines*
UE	União Europeia

UID	*Unique IDentifier*
UML	*Unified Modeling Language*
URI	*Uniform Resource Identifier*
URL	*Uniform Resource Locator*
US	*Theme Utility and Government Services*
UUID	*Universally Unique IDentifier*
WGS	*World Geodetic System*
XML	*EXtensible Markup Language*
ZIP	*Zipped Information Paste*

Harmonização de um conjunto de dados geográficos prioritário no âmbito da Diretiva INSPIRE

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Aquando da necessidade de se recorrer a dados e informações espaciais, deparamo-nos com o grande problema de procurá-los em diversas fontes. Por sua vez, esses dados de características diferentes, traduzem-se em obstáculos que temos de enfrentar para conseguirmos trabalhar essa informação. Além de que, por vezes, a informação necessária não se encontra disponível e os métodos e padrões aplicados são distintos, sendo necessário a sua harmonização. A iniciativa *INfrastruture for SPatial Information in Europe* (INSPIRE) tem como objetivo eliminar tais obstáculos e alcançar o estabelecimento de uma infraestrutura de dados espaciais Europeia (*European Spatial Data Infrastructure*, ESDI). Neste sentido, a Comissão Europeia (CE) estabeleceu a Diretiva INSPIRE que impõe aos Estados-Membros (EM) procederem de acordo com normas em comum a fim de tornar os dados geográficos Europeus interoperáveis e acessíveis numa única rede (*web*). O objetivo é conceber uma infraestrutura transfronteiriça da União Europeia (UE) para o acesso público à informação geográfica e partilha de conjuntos de dados pertinentes entre autoridades públicas. Pretende-se com este acesso e partilha, o melhoramento de políticas ambientais europeias e de medidas ou atividades com impacto no ambiente.

Portugal é pioneiro neste âmbito, possui o Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG), criado pelo Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG) e atualmente coordenado pela Direção-Geral do Território (DGT), estando disponível na internet desde 1995. Trata-se da primeira infraestrutura de informação geográfica (IIG) na Europa. O SNIG agrega dados espaciais provenientes das entidades oficiais nacionais, tendo um papel vital na formulação, implementação e gestão de políticas e em ações de âmbito territorial.

A Agência Portuguesa do Ambiente, I. P. (APA), é uma das entidades oficiais nacionais responsáveis pelo domínio de políticas ambientais e pelos demais conjuntos de dados geográficos (CDG) deste âmbito. Tal como as restantes entidades nacionais, a APA terá de proceder à harmonização dos seus CDG conforme a Diretiva INSPIRE.

O presente trabalho de projeto foi desenvolvido nas instalações da APA, no âmbito da presente diretiva e com base nas necessidades e interesses da instituição. A documentação de todo o processo foi realizada de forma a clarificar como foi realizada a transformação do CDG objeto de estudo. Sendo igualmente objetivo do presente trabalho de projeto, a comparação de duas ferramentas de transformação de dados, o *Feature Manipulation Engine* (FME) e o *HUMBOLDT Alignment Editor* (HALE), adicionalmente também se comparou os resultados de dois serviços de validação, o *INSPIRE Validator* e o *eENVplus Validation Service*.

1.2 Objetivo

O objetivo estipulado para o presente trabalho de projeto foi realizar a harmonização de um CDG prioritário da responsabilidade da APA, comparando duas aplicações informáticas de transformação de dados para compreender em cada uma delas como são materializadas as disposições de execução (*INSPIRE Implementing Rules on interoperability of spatial data sets and services*, IRs) e as especificações técnicas (*Technical Guidelines*, TG) procedentes da Diretiva INSPIRE. Finalizada a harmonização e realizada a validação, carregou-se os CDG harmonizados para a base de dados (BD) da instituição.

Uma vez que a presente diretiva impõe prazos para a interoperabilidade dos dados, o CDG a harmonizar compreendia a condição de pertencer ao grupo dos dados espaciais prioritários. Deste modo, após uma análise sumária deste grupo da responsabilidade da APA, foi internamente decidido para objeto de estudo o CDG "Águas balneares de Portugal".

O CDG "Águas balneares de Portugal" consiste na identificação das instalações de monitorização do ambiente e da qualidade das águas balneares do continente e ilhas. Os dados recolhidos nessas instalações possibilitam a elaboração de relatórios ambientais que têm de ser reportados à CE. A representação espacial de cada uma, é feita com base nos pontos de amostragem definidos segundo a localização das águas balneares.

Adicionalmente, foi pretendida a elaboração de documentação respeitante ao processo técnico para que a experiência possa servir de orientação para futuros trabalhos de harmonização de outros CDG.

1.3 Metodologia

A metodologia adotada no presente trabalho de projeto envolveu uma componente exploratória, teórica e prática. As componentes exploratória e teórica implicaram a leitura das IRs e TG da presente diretiva, normas e padrões provenientes do *Open Geospatial Consortium* (OGC) e da *International Organization for Standardization* (ISO) e de trabalhos realizados noutros países.

A componente prática incluiu o estudo do modelo de dados (*application schema*) da categoria temática INSPIRE em que se insere o CDG "Águas balneares de Portugal", o preenchimento da tabela de correspondência (*mapping table*) e a transformação dos dados recorrendo às ferramentas FME e HALE. Uma vez que se analisaram duas ferramentas de transformação, o processo de harmonização teve inevitavelmente de ser realizado duas vezes, o que resultou num processo exaustivo de múltiplos testes. Consequentemente, a fase de validação também teve de ser iterada exaustivamente, submetendo-se os CDG harmonizados aos validadores até à verificação da conformidade com a Diretiva INSPIRE.

1.4 Organização

O presente trabalho de projeto é composto por oito capítulos. No primeiro capítulo é apresente a introdução composta pelo enquadramento do projeto desenvolvido, o objetivo definido, a metodologia aplicada e a organização do mesmo.

No segundo capítulo é realizado um enquadramento no âmbito da Diretiva INSPIRE, descreve de um modo geral a sua implementação em Portugal, explica a relação entre as IRs e as TG INSPIRE, aborda sobre os CDG prioritários, as abordagens possíveis de se aplicar num processo de harmonização, a sua validação, as ferramentas de transformação e serviços de validação utilizados.

No terceiro capítulo é efetuada uma exposição da instituição onde foi realizado o presente trabalho de projeto, através de uma breve descrição sobre a entidade e a sua missão, os CDG da sua responsabilidade no âmbito da monitorização anual da Diretiva INSPIRE e do trabalho que tem desenvolvido.

No quarto capítulo é apresentado os meios de comunicação da APA para a informação e alerta aos cidadãos no âmbito das Águas balneares de Portugal. O método aplicado na resolução da componente prática do projeto também é descrito neste capítulo, apresentado uma comparação das ferramentas FME e HALE.

No quinto capítulo são descritos os modelos de dados fonte e alvo (*source and target data models*) e a tabela de correspondência. É apresentado o modelo de dados da APA e o modelo de dados proposto pela Diretiva INSPIRE. Inclusive, explica a componente prática realizada no âmbito da APA. Adicionalmente, expõe dois casos de inspiração, os exemplos do Luxemburgo (LUX) e da Áustria (AT) e respetiva reflexão.

No sexto capítulo é detalhado o processo de transformação dos dados geográficos, realizado em cada aplicação informática, expondo a análise realizada das principais características técnicas de cada uma nos processos de modelação.

No sétimo capítulo são descritos os testes definidos nas especificações de dados (*Data Specifications*, DS) do tema Instalações de Monitorização do Ambiente (*Theme Environmental Monitoring Facilities*, EF) aos quais ambos os ficheiros GML foram submetidos e os resultados obtidos pelos serviços de validação devidamente testados.

No oitavo capítulo é apresentada a conclusão do trabalho, sendo descritas as consequências e as implicações verificadas, as dificuldades e as limitações encontradas ao longo do projeto e as novas perspetivas como sugestão de melhoria ou pelo menos, da sua necessidade.

No final do trabalho de projeto encontram-se as referências bibliográficas, respeitantes a documentos escritos e a sítios de internet, às quais se recorreu para a realização do presente trabalho. Por último, são apresentados os anexos.

2 No âmbito da Diretiva INSPIRE

2.1 Diretiva INSPIRE

A Diretiva INSPIRE [2], institui a ESDI estabelecida e operada pela CE para efeitos de políticas ambientais europeias, como também de políticas ou atividades que possam ter impacto direto ou indireto no ambiente. É baseada nas IIG desenvolvidas pelos EM e irá permitir a partilha e a interoperabilidade de CDG pertinentes entre autoridades públicas europeias, facilitar o acesso público a informações geográficas de toda a Europa e também ajudar na elaboração de políticas transfronteiriças. A diretiva tem sido implementada em várias etapas, sendo que a implementação total é exigida até 2021, como ilustrado na *Figura 2-1*.

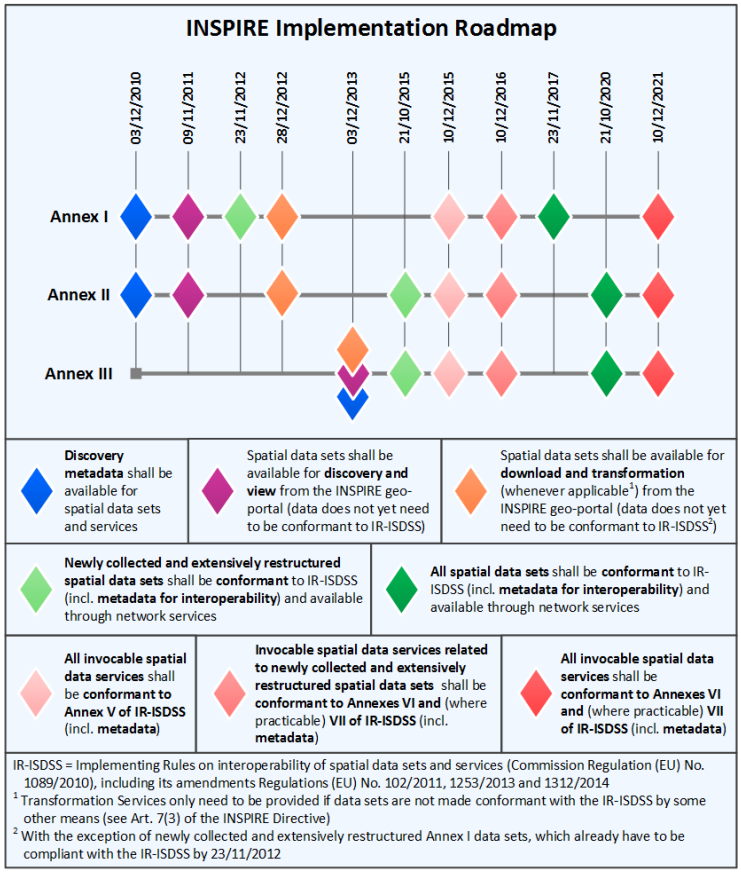


Figura 2-1: *Road Map Graphic*. Fonte: INSPIRE [3].

A sua necessidade advém de todos os países europeus produzirem e utilizarem dados e informação geográfica à sua maneira, no entanto como o ambiente não é delimitado por fronteiras políticas, os elementos geográficos como rios, montanhas, lagos, estradas e ar são partilhados. Esta noção torna-se evidente em momentos de crise, como por exemplo, as catástrofes naturais, que requerem decisões rápidas, corretas e adequadas envolvendo vários países na tomada de decisões. Por este motivo, os governos e as autoridades locais necessitam de ter ao seu dispor dados e informações em tempo útil para prever ou combater os impactos nas respetivas comunidades [3]. Deste modo,

cada organização da UE que lida com dados geoespaciais tem a obrigação de padronizar os seus dados de acordo com a Diretiva INSPIRE, a fim de estarem num formato que garanta a interoperabilidade entre sistemas [4].

Tendo em conta que os dados e a informação necessária e pertinente nem sempre está imediatamente disponível ou este tipo de informação se encontra "*as is*", i.e., produzido de acordo com as TG do respetivo produtor de Conjuntos e Serviços de Dados Geográficos (CSDG), foi criado o *Environmental European Spatial Data Infrastructure Expert Group* (E-ESDI *Expert Group*). Este grupo de especialistas definiu normas comuns para descrever e partilhar dados geográficos, com o propósito de facilitar a elaboração, a utilização, o acompanhamento e a avaliação de políticas comunitárias relacionadas com o ambiente. O grupo incluiu especialistas de toda a Europa, representantes da CE, da Agência Europeia do Ambiente (*European Environment Agency*, EEA) e representantes de comunidades ambientais e de informação geográfica dos vários EM [5].

A Diretiva INSPIRE estabelece normas comuns para metadados e CSDG de 34 categorias temáticas que permitem uma recolha de informação sistemática e eficaz, permitindo a pesquisa de informação geográfica de diferentes países, bem como a sua partilha e utilização de forma fácil. Esta acessibilidade ocorrerá através do INSPIRE *Geoportal*, que é a infraestrutura de serviços integrados disponível na internet que permite aos utilizadores combinar e integrar dados de forma acessível. No caso das autoridades públicas, estas terão à sua disposição dados e informações que ajudam na tomada de decisões fundamentadas nos momentos necessários. No âmbito dos objetivos e implicações da presente diretiva, os termos que mais se destacam encontram-se na *Tabela 2-1*.

Tabela 2-1: Termos no âmbito dos objetivos e implicações da Diretiva INSPIRE.

Termo	**Definição** [2]
Infraestrutura de informação geográfica	Envolve conceitos distintos como "metadados, CSDG; serviços e tecnologias em rede; acordos em matéria de partilha, acesso e utilização, e mecanismos, processos e procedimentos de coordenação e acompanhamento estabelecidos, explorados ou disponibilizados".
Dados geográficos	"Quaisquer dados com uma referência direta ou indireta a uma localização ou zona geográfica específica".
Serviços de dados geográficos	"As operações que podem ser efetuadas, utilizando uma aplicação informática, com os dados geográficos contidos em CDG ou com os metadados correspondentes".
Metadados	"Informações que descrevem CSDG e que permitem pesquisá-los, inventariá-los e utilizá-los", mas não estão incluídos nos dados.
Interoperabilidade	"A possibilidade de os CDG serem combinados, e de os serviços interagirem, sem intervenção manual repetitiva, de tal forma que o resultado seja coerente e o valor acrescentado dos conjuntos e serviços de dados seja reforçado".

2.2 Em Portugal

A Diretiva INSPIRE entrou em vigor a 15 de maio de 2007 e foi transposta para a legislação nacional, em 2009 através do Decreto-Lei n.º 180/2009, de 7 de agosto [6]. Em Portugal, a DGT, o Ponto de Contacto Nacional (PCN) com a CE, coordena e acompanhada as entidades oficiais abrangidas pela presente diretiva e é também a entidade responsável pelo SNIG.

O SNIG é a infraestrutura nacional de dados geográficos que possibilita o acesso aos metadados e aos CSDG produzidos e mantidos pelas autoridades públicas nacionais [5]. O SNIG foi a primeira IIG a ser disponibilizada na Europa em 1995, desempenha um papel vital na formulação, implementação e gestão de políticas e ações de âmbito territorial por parte dos agentes públicos e privados. O SNIG pode ser encarado como uma infraestrutura da sociedade da informação e do

conhecimento, onde para além da representação cartográfica do espaço, é imprescindível a informação que sobre ela é possível recolher, organizar, aceder e explorar. A evolução das tecnologias de informação e comunicação permite atualmente a manipulação de forma integrada da informação geográfica proveniente de diversas fontes, o que por sua vez, possibilita um novo domínio de colaboração para a melhoria de resposta e de economias, nomeadamente na produção de informação estatística para a monitorização de fenómenos de riscos naturais, tecnológicos, de criminalidade, epidemias ou fatores ambientais [6].

No âmbito da Diretiva INSPIRE, o SNIG e outras infraestruturas temáticas, regionais e locais devem garantir "o armazenamento, a disponibilização e a manutenção de dados geográficos (…) efetuados aos níveis mais adequados; a combinação coerente de dados geográficos de diversas fontes no País e em toda a UE, partilhados por diferentes utilizadores e aplicações; a partilha de dados entre autoridades públicas, independentemente do seu nível de administração; a disponibilização de dados geográficos em condições que não restrinjam de forma indevida a sua utilização generalizada; a localização dos dados geográficos disponíveis, a avaliação da sua adequação para um determinado fim e o conhecimento das suas condições de utilização." O registo de dados geográficos nacionais no SNIG permitirá aos utilizadores a obtenção de informação e respostas em tempo útil e correspondentes benefícios para a economia do País e os organismos públicos e privados produtores têm a vantagem em possuir informação fiável sobre a existência e qualidade dos produtos disponíveis, evitando a duplicação de esforços e custos na produção de informação geográfica de raiz [6]. Tal como o INSPIRE *Geoportal*, o SNIG deve assegurar a possibilidade de pesquisa, de visualização, de exploração e de descarregamento de dados geográficos, mas neste caso, tendo em conta apenas a informação relativa ao território nacional beneficiando a partilha e o acesso a dados distribuídos. As normas nacionais, em matéria de informação geográfica, deverão cumprir as disposições de execução aprovadas e as normas e padrões provindas do OGC e da ISO da série 19100 [6]. O OGC e a ISO operam de forma distinta na produção de diferentes tipos de normas, no entanto reúnem esforços para promover a harmonização de elementos de interesse comum [7]. O OGC define as especificações para os sistemas que trabalham com informação e localização espacial. A ISO estrutura e estabelece os padrões internacionais em diversos domínios, como a informação geográfica digital [5].

2.3 Especificações técnicas INSPIRE

As informações ambientais transfronteiriças têm de ser reunidas à escala da EU, sendo que a troca destas informações entre os EM tem de ocorrer de forma uniforme. A metodologia pela qual a troca de informações deverá ser feita de forma uniforme, e que os EM têm de respeitar, está descrita nos demais documentos que se designam por TG INSPIRE.

São detetados diversos problemas de incompatibilidade e inconsistência nos dados geográficos, cuja Diretiva INSPIRE visa colmatar. Algumas das inconsistências existentes nos dados podem ser encontradas nas diferentes representações espaciais dos objetos, bem como em diferenças semânticas e técnicas. Outra questão está relacionada com a inexistência de interoperabilidade, aquando da necessidade de um utilizador pesquisar os dados geográficos, pois para além de necessitar de pesquisar os dados em diversas fontes de produtores de dados, compreenderá que cada um tem o seu método de aceder e de os utilizar. É neste sentido que a Diretiva INSPIRE influenciará o processo de pesquisa, recuperação e combinação de diferentes fontes de dados a fim de torná-lo mais fácil e automático. O primeiro nível de heterogeneidade é designado por Heterogeneidade Sintática, tendo em conta a implementação dos dados em diferentes sintaxes. Tal, significa o armazenamento de dados em diversos formatos (e.g. *shapefile*, *ascii* e outros), ou

o uso de abordagens diferentes no âmbito da representação geográfica (e.g. vetorial e matricial). O segundo nível de heterogeneidade é designado por Heterogeneidade Esquemática, este sendo estrutural e técnico refere-se ao modo como as informações geográficas são modeladas numa BD, ou seja, a diferença entre BD pode resultar do modelo de dados (*application schema*) adotado, que por sua vez, determina como os dados estão estruturados. O terceiro nível de heterogeneidade é designado por Heterogeneidade Semântica, referindo-se aos diferentes significados atribuídos ao mesmo conceito ou objeto do mundo real. Ou seja, o mesmo conceito pode ter significados diferentes e o problema encontrado é a dificuldade, por exemplo, de compreender se os EM se referem ao mesmo conceito ou não. Este problema também pode surgir na tradução para um idioma diferente, havendo necessidade de confirmar qual a palavra correta ou o termo utilizado noutros idiomas e a definição dada. O significado do conceito ou do objeto do mundo real tem de ser assegurado através da definição de conceitos que refiram um objeto real e qual a terminologia como também os símbolos usados para o representar e descrevê-lo [8]. Os problemas da heterogeneidade sintática e esquemática podem ser ultrapassados com aplicações informáticas que possibilitam a conversão dos dados através de algoritmos e de tecnologias que organizam os diferentes modelos de dados, no entanto o pretendido é que os EM recorram à mesma sintaxe e à mesma técnica de modelação de forma a que os processos de conversão sejam evitados. Neste seguimento, o pretendido é tornar os dados interoperáveis com os diferentes níveis de heterogeneidade solucionados, de forma a produtores e utilizadores realizarem a troca de dados geográficos sem a intervenção manual. O objetivo é o de que o conteúdo dos dados seja compreendido, por todos, da mesma maneira. Implica, portanto, que os produtores concordem em utilizar as definições e classificações harmonizadas para os objetos, mapeando a heterogeneidade com as definições e classificações universais existentes tornando os dados geográficos permutáveis e compreendidos da mesma maneira [8].

Para efeitos da Diretiva INSPIRE, entende-se que "as IRs que definem os aspetos técnicos da interoperabilidade e, se exequível, a harmonização dos CSDG (…) na elaboração (…) devem ser tidos em conta os requisitos dos utilizadores pertinentes, as iniciativas existentes e as normas internacionais para a harmonização dos CDG, bem como considerações de viabilidade e de custos-benefícios" [2]. A Diretiva INSPIRE pretende que os dados heterogéneos dos diferentes EM se tornem permutáveis e interoperáveis em toda a UE, no entanto os EM não são obrigados a modificar os conjuntos de dados que utilizam internamente, nem a produzir novos dados espaciais. Deverão sim, disponibilizar os CDG em conformidade com as IRs e descritos através de metadados, respeitando os prazos estipulados. Para atingir esta interoperabilidade e facilitar o acesso e uso de informações espaciais, a presente diretiva define modelos de dados para serem utilizados na transformação e altera o paradigma relativamente à organização dos dados geográficos, definindo 34 domínios temáticos respeitantes a políticas ambientais, agrupados em três anexos relacionados com as diferentes prioridades e prazos para a implementação (*Figura 2-1* da *Secção 2.1*). Os temas agrupados no Anexo I são os dados geográficos de referência base, tendo sido os primeiros a serem modelados uma vez que os restantes temas dependem deles. Atualmente, as IRs e as TG de todos os temas já se encontram disponíveis no sítio de internet da Diretiva INSPIRE: https://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892. A *Tabela 2-2* indica as respetivas categorias temáticas, organizadas pelos respetivos anexos em que se inserem. Apenas os dados geográficos são o foco (*scope*) para a Diretiva INSPIRE. O foco é referente aos objetos espaciais que possam ser identificados em um ou mais temas, incluindo os atributos-chave que sejam determinantes na descrição dos objetos. São excluídos do foco os dados comerciais, como também os que não podem ser públicos por questões de privacidade ou direitos de autor. Neste sentido, os EM deverão disponibilizar os seus CDG conforme o foco da INSPIRE, utilizando os mesmos tipos de objetos espaciais, atributos e relações, adotando o mesmo formato para os produtos finais harmonizados e as mesmas regras de representação no âmbito das respetivas TG.

Tabela 2-2: Anexos e categorias temáticas INSPIRE.

Anexos INSPIRE	Categorias temáticas INSPIRE	
Anexo I **Dados de Referência**	– Sistemas de referência – Sistemas de quadrículas geográficas – Toponímia – Unidades administrativas – Endereços	– Parcelas cadastrais – Redes de transporte – Hidrografia – Sítios protegidos
Anexo II **Dados Topográficos**	– Altitude – Ocupação do solo – Ortoimagens – Geologia	
Anexo III **Dados Sociográficos, de Natureza e de Estatística**	– Unidades estatísticas – Edifícios – Solo – Uso do solo – Saúde humana e segurança – Serviços de utilidade pública e do Estado – Instalações de monitorização do ambiente – Instalações industriais e de produção – Instalações agrícolas e aquícolas – Distribuição da população - demografia – Zonas de gestão/ restrição/ regulamentação e unidades de referência	– Zonas de risco natural – Condições atmosféricas – Características geometeorológicas – Características oceanográficas – Regiões marinhas – Regiões biogeográficas – Habitats e biótopos – Distribuição das espécies – Recursos energéticos – Recursos minerais

A presente diretiva tem como base jurídica o conjunto de IRs, garantido que a ESDI seja transfronteiriça. As TG juntamente com as IRs especificam como a interoperabilidade deve ser aplicada na transformação dos CDG. Estas duas componentes especificam elementos, tais como os modelos de dados (*data models*), as listas de códigos (*code lists*), as camadas de mapa (*map layers*) e os metadados (*metadata*). A *Figura 2-2* ilustra a relação entre as IRs e as TG [9]. Para alcançar a harmonização de um CDG, a Diretiva INSPIRE caracteriza as especificações legais e técnicas. As IRs, juridicamente vinculativas, especificam o que deve ser implementado a nível abstrato e genérico, identificando uma estrutura a implementar. As TG, não juridicamente vinculativas, especificam como as obrigações legais e os padrões geoespaciais podem ser implementados maximizando a interoperabilidade transfronteiriça, ou seja, descrevem como se deve atuar e operar na estrutura identificada e o procedimento da implementação. As TG são documentos, onde está descrita a forma como as IRs devem ser transpostas para soluções técnicas e de interoperabilidade para os CSDG INSPIRE. As IRs são adotadas nos determinados domínios: Metadados; Especificações de Dados; Serviços de Rede; Partilha de Dados e Serviços e Monitorização e Apresentação de Relatórios.

Os "Metadados" descrevem o conteúdo, as condições de acesso e de utilização, a qualidade e validade, a entidade responsável, entre outros, dos CSDG. Para o bom funcionamento da ESDI "é necessário que o utilizador possa encontrar CSDG e determinar se, e para que fins, estes podem ser utilizados, os EM devem apresentar descrições desses CSDG sob a forma de metadados" [10]. Os elementos metadados permitem a própria "pesquisa e a disponibilidade (…) para os serviços de pesquisa dos EM" [11].

As "Especificações de Dados" descrevem o modelo de dados e a codificação (*encoding*) aplicada no processo de transformação. Integram as normas e os meios técnicos para "garantir a interoperabilidade e a harmonização no âmbito de uma categoria temática de dados geográficos, os EM devem utilizar as classificações e definições de objetos geográficos, os seus principais

atributos e associações, os seus tipos de dados e os seus domínios de valores, bem como as regras específicas aplicáveis a cada categoria temática de dados geográficos." [1].

Os "Serviços de Rede" possuem os aspetos técnicos da interoperabilidade e da harmonização dispostos pelas IRs que capacitam os CSDG de serem disponibilizados e utilizados. Identificam e descrevem a rede de serviços disponíveis na internet, que são os serviços de pesquisa, visualização, descarregamento, transformação e invocação. "Os EM devem estabelecer e explorar uma rede de serviços para os CSDG em relação aos quais tenham sido criados metadados nos termos da presente diretiva" [12].

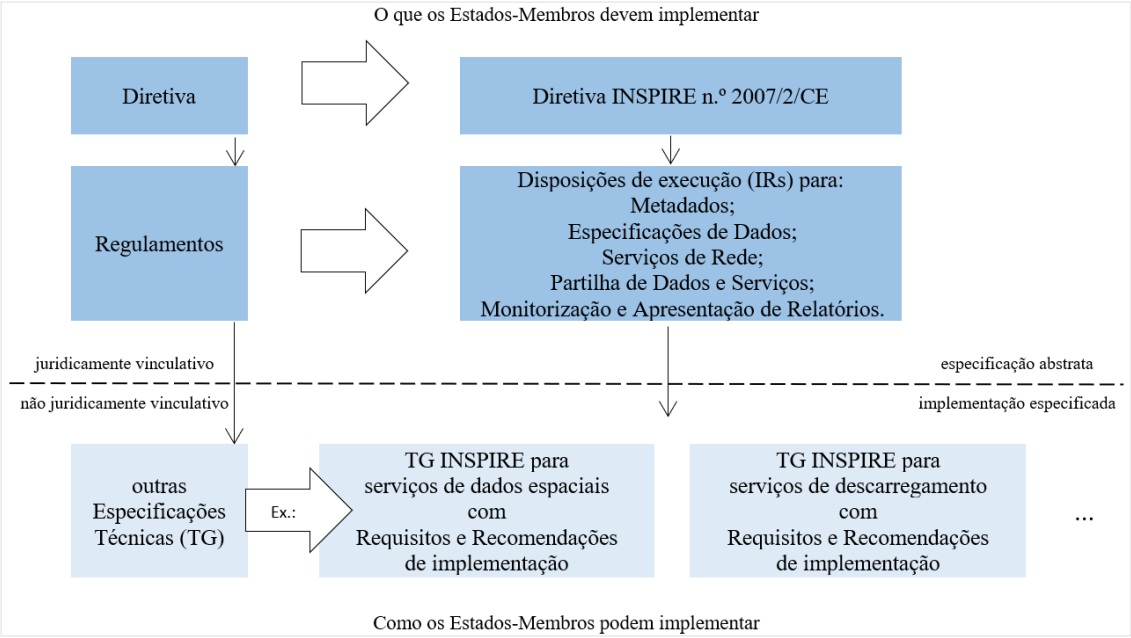


Figura 2-2: Relação entre as IRs e as TG. Adaptado de: INSPIRE (2013) [9].

Na "Partilha de Dados e Serviços" são descritos os direitos e deveres, nos diferentes níveis do governo, que possibilitam o acesso e intercâmbio dos CSDG. A Diretiva INSPIRE permite "exceções à partilha de dados. No entanto, os EM, mesmo nos casos em que impõem essas exceções, devem poder definir medidas, nomeadamente medidas de segurança, que as instituições e órgãos comunitários terão de tomar para, ainda assim, obterem acesso a esses conjuntos e serviços de dados" [13].

A "Monitorização e Apresentação de Relatórios" inclui os vários indicadores da implementação e uso das IIG, com periodicidade anual, "(…) os EM devem monitorizar a aplicação e a utilização das suas IIG e apresentar relatórios sobre um conjunto de questões associadas a esta matéria" [14].

A interoperabilidade transfronteiriça beneficiará através da disponibilização de CDG harmonizados na ESDI, permitindo a fácil troca e combinação de dados de diversos setores para todo o tipo de análises necessárias e tomadas de decisão, como por exemplo na formulação de novas políticas ou em novos métodos de gestão de riscos.

2.4 Dados prioritários INSPIRE

Os CDG prioritários consistem em dados geográficos relacionados com os relatórios ambientais respeitantes a diretivas e regulamentos comunitários. Os EM têm de disponibilizar os seus dados prioritários pertinentes de forma gradual na ESDI e proceder à elaboração dos respetivos relatórios conforme cada legislação envolvida. Neste âmbito, a Diretiva INSPIRE definiu domínios ambientais nos quais os conjuntos se inserem, apresentados na *Tabela 2-3*. Os domínios agrupam os dados prioritários pela respetiva legislação do *e-Reporting* da UE, *"to optimize the cross-cutting impact of the streamlining exercise. This allows for streamlining across different directives and organisational structures, maximizing the reuse of the resulting spatial information and services."* [15].

Tabela 2-3: Domínios ambientais INSPIRE.

Domínios	Âmbito
Acidentes industriais	Dados que poderão implicar acidentes industriais.
Água	Dados relacionados com a Diretiva-Quadro Água n.º 2000/60/CE, de 23 de outubro de 2000 (DQA) [16], como as águas residuais urbanas, águas balneares, entre outros.
Ar	Dados que se relacionam com a qualidade do ar e do ambiente da Europa.
Emissões industriais	Dados que poderão implicar emissões industriais.
Natureza	Dados relacionados com a conservação de *habitats* naturais, da fauna e flora, animais selvagens, entre outros.
Resíduos	Dados relacionados com aterros, resíduos industriais e do solo, entre outros.
Ruído	Dados relacionados com a qualidade do ruído ambiente da Europa.

Portanto, os CDG prioritários implicam a produção de relatórios ambientais em conformidade com a legislação em vigor relacionada com os diferentes domínios INSPIRE. A *Tabela 2-4* indica quais são os documentos legais implícitos, à exceção da legislação nacional de cada país europeu. A consulta dos CDG prioritários poderá ser realizada em https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/pdv_home.html.

Tabela 2-4: Legislação relacionada com Relatórios Ambientais.

Legislação	Âmbito
Diretiva 1999/31/CE	deposição de resíduos em aterros
Diretiva 2000/60/CE	quadro de ação comunitária no domínio da política da água
Diretiva 2002/49/CE	avaliação e gestão do ruído ambiente
Diretiva 2006/21/CE	gestão dos resíduos de indústrias extrativas
Diretiva 2006/7/CE	gestão da qualidade das águas balneares
Diretiva 2007/60/CE	avaliação e gestão dos riscos de inundações
Diretiva 2008/50/CE	qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa
Diretiva 2008/56/CE	quadro de ação comunitária no domínio da política para o meio marinho
Diretiva 2009/147/CE	conservação das aves selvagens
Diretiva 2010/75/UE	emissões industriais (prevenção e controlo integrados da poluição)
Diretiva 2012/18/UE	perigos associados a acidentes graves que envolvem substâncias perigosas
Diretiva 86/278/CEE	proteção de solos na utilização agrícola de lamas de depuração
Diretiva 91/271/CEE	tratamento de águas residuais urbanas
Diretiva 91/676/CEE	proteção das águas contra a poluição por nitratos de origem agrícola
Diretiva 92/43/CEE	preservação dos *habitats* naturais e da fauna e da flora selvagens
Diretiva 98/83/CE	qualidade da água destinada ao consumo humano
Recomendação 2014/70/UE	exploração e a produção de hidrocarbonetos
Regulamento (CE) 166/2006	registo europeu das emissões e transferências de poluentes
Regulamento (UE) 1143/2014	prevenção e gestão de espécies exóticas invasoras
Regulamento (UE) 2017/852	mercúrio
EEA *Annual Work Programme*	*Maintenance and Implementation Work Programme*, MIWP, *action* 2016.5 "*Priority list of datasets for e-Reporting*"

2.5 Abordagens e ferramentas de harmonização

A presente secção tem como objetivo apresentar uma breve exposição sobre as abordagens que poderão ser utilizadas no processo de harmonização de CDG de acordo a Diretiva INSPIRE e as ferramentas de transformação de dados utilizadas no presente trabalho de projeto.

2.5.1 Visão geral das abordagens de harmonização

No âmbito da Diretiva INSPIRE a interoperabilidade visa a combinação de CSDG de diferentes fontes da comunidade europeia de modo consistente e sem implicar esforços manuais. Esta interoperabilidade alcançar-se-á com a harmonização e o armazenamento dos dados já existentes ou com a harmonização através de serviços para a respetiva publicação na ESDI. As TG INSPIRE permitem diferentes abordagens, à semelhança das três estratégias (*Figura 2-3*) propostas no início da iniciativa INSPIRE. A primeira abordagem, envolve um processo de transformação dinâmica através de serviços de descarregamento que transformam automaticamente os modelos fonte em modelos alvo, ou seja, é realizado depois de invocar os CDG. A segunda abordagem, envolve um processo de transformação *offline*, realizado pelos produtores dos dados de acordo com as TG INSPIRE, para posteriormente fornecer os CDG harmonizados através de um serviço de descarregamento INSPIRE. A terceira abordagem, envolve um processo de transformação externa através de um serviço de rede independente, sendo o objetivo desta abordagem, o descarregamento e a harmonização dos CDG fonte pelo utilizador através de um serviço de transformação independente [8]. A segunda abordagem é a mais utilizada pelos EM, sendo esta a abordagem utilizada no presente projeto. A desvantagem da primeira e da terceira abordagem, é o processamento ser em tempo real (*on-the-fly*), o que implica a disponibilização de tempo para a obtenção do resultado, sobretudo quando se trata de grandes CDG. Para além desta desvantagem, como cada CDG requer uma transformação específica de acordo com a respetiva TG INSPIRE, a terceira abordagem também implica a criação de um serviço de transformação para cada fonte de dados, dificultando a visão geral de todos os serviços [8].

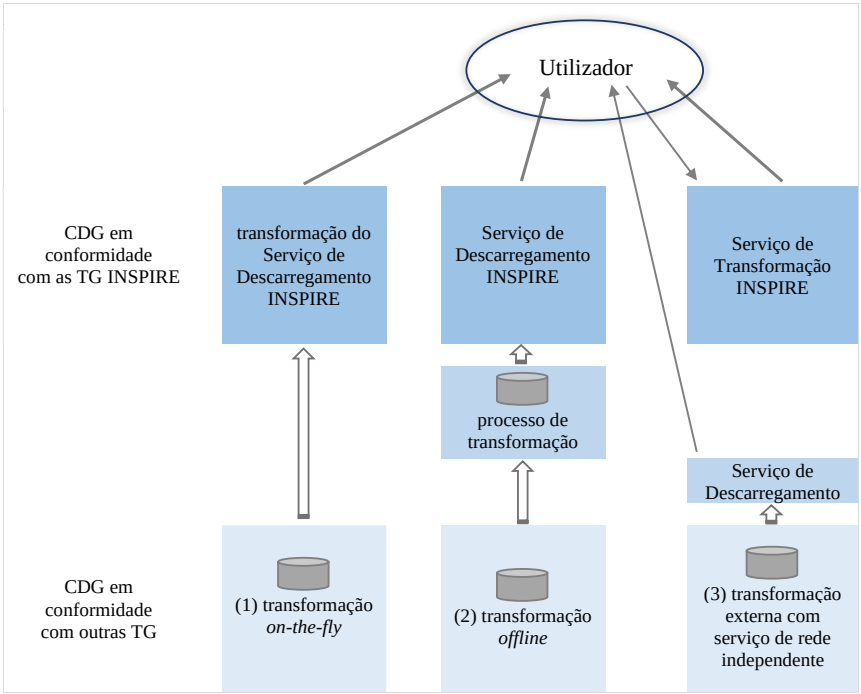


Figura 2-3: Alternativas de implementação. Adaptado de: Tirry, D. e Keijers, S. (2018) [8].

2.5.2 Visão geral de duas ferramentas de harmonização

A componente prática do presente projeto teve como objetivo um estudo comparativo de duas ferramentas informáticas de transformação de dados no processo de harmonização no âmbito da Diretiva INSPIRE. As ferramentas utilizadas e alvo de análise, FME e HALE, permitiram a harmonização do CDG prioritário objeto de estudo com sucesso em momentos diferentes, o que permitiu identificar as principais diferenças entre cada uma das aplicações.

2.5.2.1 Feature Manipulation Engine - FME

O FME foi desenvolvido pela empresa *Safe Software*, com o objetivo de criar uma ferramenta que facilitasse a integração e a transformação de dados. Nos últimos anos tem sido notável a sua aplicação no auxílio à harmonização de dados geográficos no âmbito da Diretiva INSPIRE. Trata-se de uma ferramenta proprietária para conversão, partilha, validação, integração e transformação de dados. Uma das suas principais capacidades é a ligação entre o *Workbench* e o *Data Inspector*, que permite inspecionar os dados antes, durante e depois da transformação.

O *FME Workbench* mostra o espaço de trabalho (*workspace*), onde se procede à transformação dos dados. Os elementos do trabalho são apresentados graficamente e a sua orientação lê-se da esquerda para a direita, sendo criadas as ligações/ mapeamento entre os elementos, que representam o fluxo dos dados, podendo-se ramificar em diferentes direções e através de diferentes objetos. A *Figura 2-4* ilustra o ambiente do *FME Workbench*, composto pelo *Navigator* (1), *Transformer Gallery* (2), *Parameter Editor* (3), *Canvas* (4) e *Translation Log* (5). O *Navigator* apresenta hierarquicamente os objetos do espaço de trabalho. O *Transformer Gallery* é a galeria onde estão mais de 500 transformadores com diferentes tipos de operações para aplicar aos dados, entre o *Reader* e o *Writer* (descritos no próximo parágrafo). O *Parameter Editor* apresenta as configurações para qualquer objeto selecionado no *Canvas*. O *Canvas* apresenta graficamente o fluxo do projeto e respetivos objetos e ligações que representam os dados e a sua transformação. O *Translation Log* apresenta os detalhes sobre o espaço de trabalho, nomeadamente erros, avisos e outra informação.

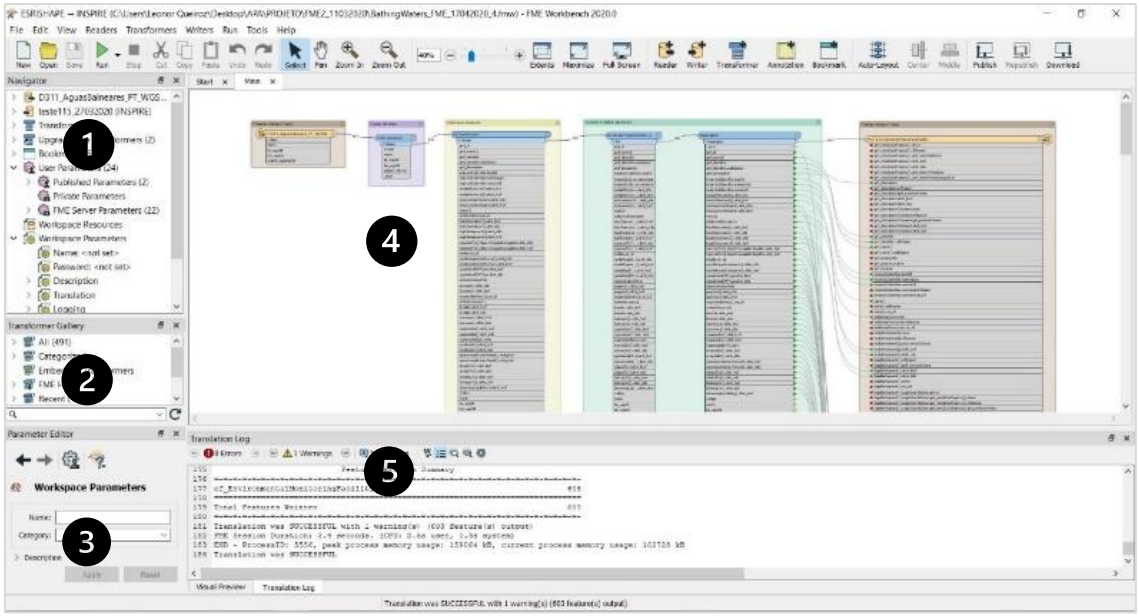


Figura 2-4: Ambiente *FME Workbench*.

O espaço de trabalho é composto pelos elementos de transformação, nomeadamente o *Reader*, o *Writer*, o *Reader and Writer Feature Types*, o *Attributes* e o *Transformers*. O *Reader* é o conjunto de dados não transformados e compreende o seu formato original. O *Writer* é o formato alvo e a localização dos dados transformados. O *Reader and Writer Feature Types* representa um subconjunto de registos/ ocorrências (*layer*, *table*). O *Attributes* representa os atributos de um objeto/ registo. O *Transformers* lista os transformadores escolhidos pelo utilizador consoante o seu objetivo para aplicar operações sobre os dados. Os transformadores têm um botão de propriedades, que acusa o estado dos seus parâmetros. Se a cor do botão for da mesma cor do transformador significa que é possível utilizá-lo com os parâmetros existentes. Se a cor do botão for amarela significa que o transformador tem parâmetros existentes, mas que têm de ser aceites, caso contrário poder-se-á ter resultados inesperados. Se a cor do botão for vermelha significa que existe pelo menos um valor de parâmetro em falta, pelo que todos os campos obrigatórios têm de ser preenchidos antes de se usar o transformador.

O *FME Data Inspector*, possível de abrir durante o *FME Workbench*, permite visualizar os dados fonte antes da transformação como também inspecioná-los durante e após a transformação. As respetivas ferramentas permitem inspecionar elemento (*feature*) a elemento do conjunto de dados. A *Figura 2-5* ilustra o ambiente do *FME Data Inspector*, composto pelo *Display Control* (1), *View* (2), *Feature Information* (3) e *Table View* (4). O *Display Control* lista o conjunto de dados em que se está a trabalhar e respetivos elementos. O *View* disponibiliza a visualização do conjunto de dados. O *Feature Information* lista as informações sobre um elemento selecionado, incluindo o tipo, seus atributos e detalhes da geometria. A *Table View* expõe o conteúdo e valores da *Feature Information*, em forma de tabela, que vão ser disponibilizados ao utilizador final [17].

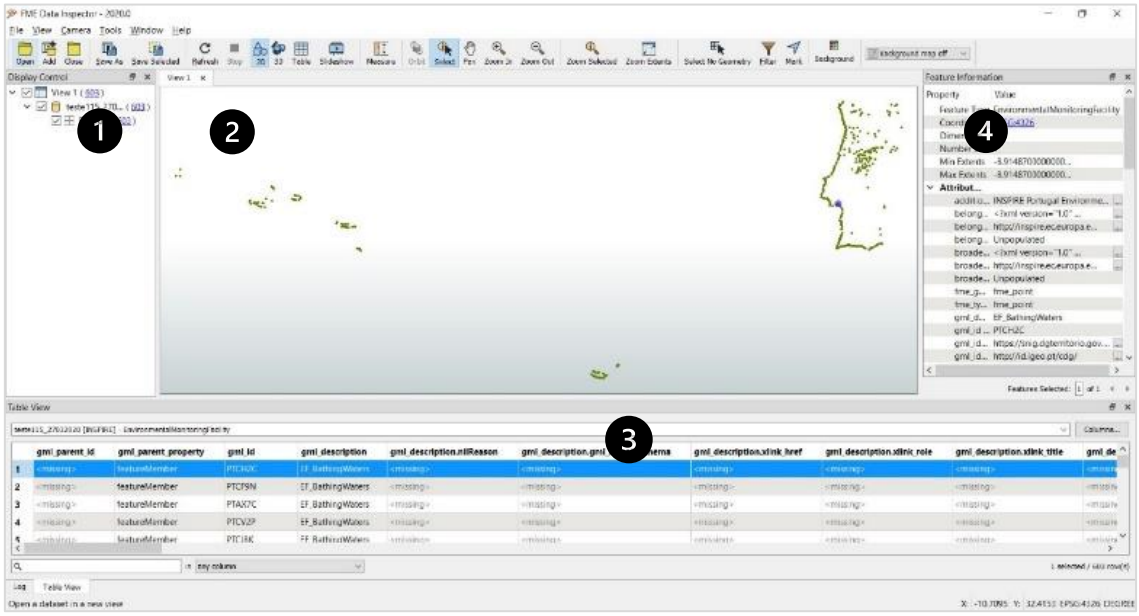


Figura 2-5: Ambiente *FME Data Inspector*.

De um modo geral, um projeto de transformação de dados no FME envolve os passos ilustrados na *Figura 2-6*. Após a criação de um espaço de trabalho no *FME Workbench*, realizado na opção *File* e '*Generate Workspace*', cria-se o *Reader*, passo este, onde se especifica o formato dos dados fonte, o sistema de coordenadas e se importa o CDG que se pretende transformar. Cria-se o *Writer*, onde se especifica o formato dos dados e o sistema de coordenadas pretendido após a

transformação, se importa o esquema alvo e se define os parâmetros do produto final. Entre o *Reader* e o *Writer*, são definidos os transformadores necessários para aplicar as respetivas operações sobre os dados, estabelecendo assim todas as ligações de mapeamento para o fluxo dos dados. Para confirmar que as ligações do mapeamento foram todas realizadas com sucesso, consulta-se no *FME Data Inspector* o estado dos dados e faz-se a análise de toda informação. Por fim, se as operações foram bem-sucedidas e assumindo que o processo de transformação não requer correções, exporta-se o conjunto de dados transformado. Informações detalhadas podem ser consultadas em support.safe.com/KnowledgeDocumentation.

Figura 2-6: Passos gerais num projeto de transformação em FME.

2.5.2.2 HUMBOLDT Alignment Editor - HALE

O HALE foi inicialmente desenvolvido no âmbito do projeto *HUMBOLDT European integrated* que tinha como objetivo facilitar e auxiliar o processo de harmonização de dados geográficos de acordo com a Diretiva INSPIRE. Trata-se de uma ferramenta de transformação de dados de código aberto (*open source*), que permite criar, de forma lógica e semântica, mapeamentos consistentes para transformação de dados. Como particularidade, o utilizador tem a possibilidade de escolher como o ambiente de trabalho (*workbench*) é organizado, tendo à sua disposição diferentes perspetivas possíveis, tais como *Data perspective*, *Default perspective*, *Map perspective*, *Thorsten perspective* e *Transformation perspective*.

É no *hale studio workbench* que o trabalho é desenvolvido e realizado o mapeamento. Qualquer que seja a perspetiva escolhida, o utilizador vai encontrar os elementos que compõem o ambiente do *hale studio workbench*. A *Figura 2-7* apresenta o *Default perspective* (opção a vermelho) com os elementos *Schema Explorer* (1), *Alignment View* (2), *Error Log* (3), *Properties View* (3), *Tasks View* (3), *Report List* (4), *Functions View* (4) e *Type Hierarchy* (4). O *Schema Explorer* apresenta a estrutura do esquema fonte (à esquerda) e do esquema alvo (à direita) e possibilita a realização das ligações/ mapeamento entre os atributos de cada esquema através da opção *mapping function* recorrendo às funções do *HALE*. Os atributos são acompanhados da informação da cardinalidade e do número instâncias/ elementos existentes. Os atributos obrigatórios do esquema alvo são identificados com um asterisco vermelho. O *Alignment View* ilustra o mapeamento e as respetivas células com as ligações criadas entre si, permitindo a alteração ou eliminação das células do mapeamento. O *Error Log* lista as mensagens e detalhes dos erros que surjam no processo de transformação dos dados. O *Properties View* apresenta a informação detalhada da célula selecionada no *Alignment View*. O *Tasks View* lista hierarquicamente as operações, mensagens e estados referente às células do mapeamento do *Alignment View*. O *Report List* lista as operações realizadas dando uma visão geral dos recentes processos concluídos. O *Functions View* lista todas as funções do HALE, sendo os respetivos detalhes e informações de uma função selecionada apresentados no *Properties View*. O *Type Hierarchy* apresenta as hierarquias existentes num dos esquemas selecionado no *Schema Explorer*.

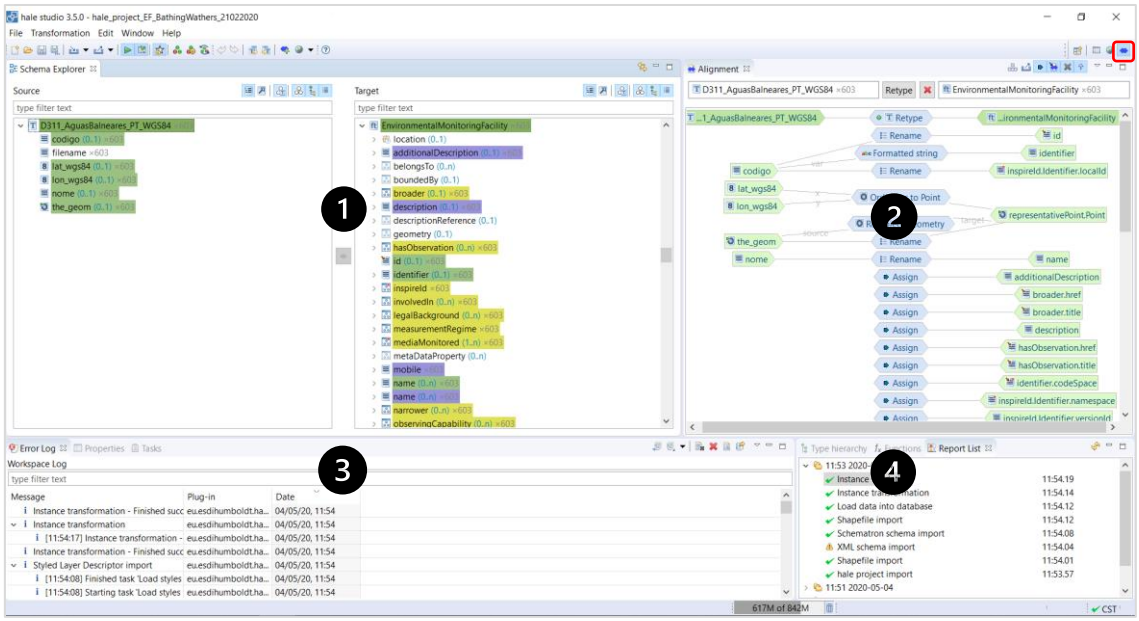


Figura 2-7: *HALE Default perspective*.

A *Figura 2-8* apresenta o *Map perspective* (opção a vermelho) com os elementos *Map View* (1), *Source Data View* (2) e *Transformed Data View* (3). O *Map View* ilustra graficamente o conjunto de dados com geometria e um sistema de coordenadas definido, podendo ser apresentado o conjunto de dados fonte e o transformado em simultâneo, estando à escolha do utilizador a disposição de visualização (*layout*) que desejar. O *Source Data View* expõe o conteúdo e valores de algumas instâncias/ elementos fonte, em forma de tabela. O *Transformed Data View* expõe o conteúdo e valores de algumas instâncias/ elementos do conjunto de dados transformado, também em forma de tabela.

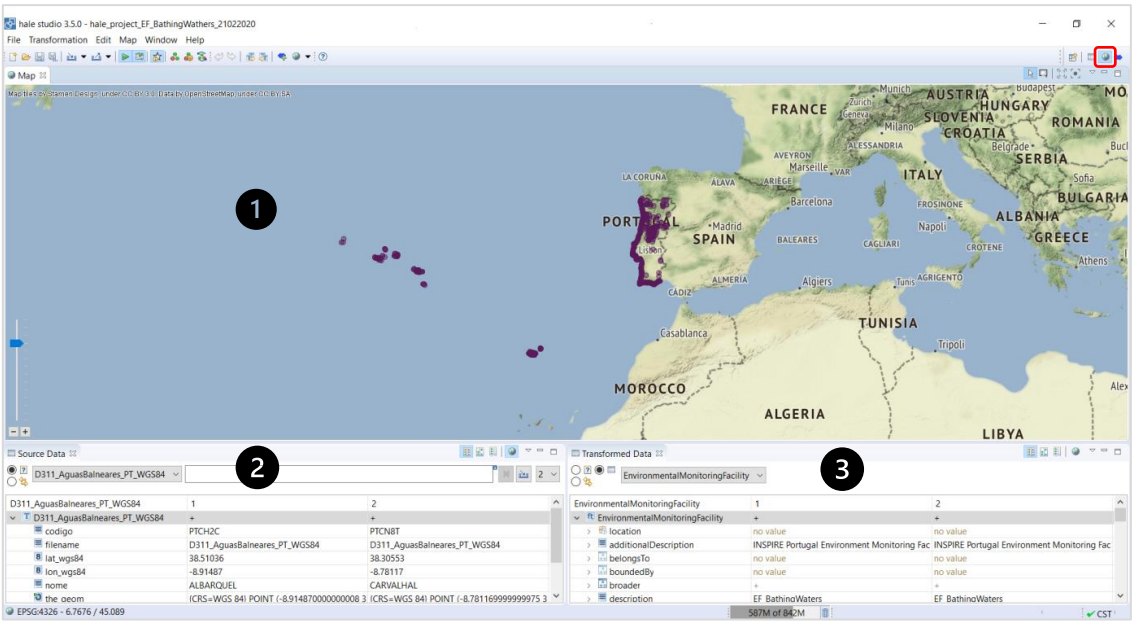


Figura 2-8: *HALE Map perspective*.

De um modo geral, um projeto de transformação de dados no HALE envolve os passos ilustrados na *Figura 2-9*. No *hale studio workbench*, importa-se para o *Source* o esquema e os dados do CDG que se pretende transformar. De seguida, importa-se para o *Target* o esquema para o qual se pretende que o conjunto de dados seja transformado. Nesta fase, podem ser analisados e identificados os atributos no *Schema Explorer*. À medida que se vai tratando os atributos, de preferência começando pelos obrigatórios, determina-se as funções do HALE a aplicar. As funções do HALE aplicadas vão originando o mapeamento entre o *Source* e o *Target* no *Alignment View*, cada célula do mapeamento e respetivos valores deverão ser confirmados. Em simultâneo, todo o processo requer a consulta das informações prestadas, especialmente através do *Error Log*, *Report List* e *Transformed Data View*, para garantir que a transformação está a ser realizada eficientemente. Por fim, se as operações foram bem-sucedidas e o processo de transformação não requer correções, exporta-se o conjunto de dados transformado. O processo de exportação pode incluir a validação do conjunto de dados transformado. Informações detalhadas podem ser consultadas em http://help.halestudio.org/latest/index.jsp.

Figura 2-9: Passos gerais num projeto de transformação em HALE.

2.6 Validação de Conjuntos de Dados Geográficos - CDG

A validação é um dos passos no processo de transformação dos CDG, tendo como objetivo avaliar o grau de conformidade da harmonização com os requisitos das IRs e das TG INSPIRE. É necessário que os CDG transformados sejam submetidos a diferentes testes para confirmar que estão em conformidade com a Diretiva INSPIRE.

As DS de cada tema INSPIRE, incluem um Anexo A, onde é definido o conjunto de testes (*Abstract Test Suite*, ATS) aos quais os CDG têm de ser sujeitos. Os ATS ajudam no processo de teste de conformidade com cada DS e com as partes referentes ao Regulamento (UE) n.º 1089/2010, de 23 de novembro de 2010 [1] (*Interoperability of Spatial Data Sets and Services*, ISDSS), no âmbito das IRs. Deste modo, os fornecedores dos CSDG harmonizados têm como informar qual o "grau de conformidade, com as IRs adotadas ao abrigo do n.º 1 do artigo 7.º da Diretiva 2007/2/CE", que tem de ser fornecido nos metadados dos conjuntos de dados, de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1205/2008, de 3 de dezembro (metadados) [10]. Todos os ATS incluem os mesmos elementos, nomeadamente o requisito, o objetivo, a referência e o método. O "requisito" indica as citações legais (ISDSS) ou técnicas (TG). O "objetivo" identifica o foco e descreve o teste. A "referência" indica a ligação que permite aceder ao material útil durante o teste. O "método" descreve o procedimento do teste [9]. Os ATS são compostos por duas partes integrantes, a parte 1 inclui os testes que se destinam à avaliação da conformidade com o ISDSS e a parte 2 inclui os testes que se destinam à avaliação da conformidade com as TG e correspondentes IRs presentes na respetiva DS [18]. Os requisitos a testar encontram-se agrupados por classes de conformidade, em que cada uma, é referente a um determinado aspeto e são identificadas por um identificador de recurso uniforme (*Uniform Resource Identifier*, URI). Os ATS variam consoante os temas INSPIRE. A *Tabela 2-5* apresenta os ATS e respetivas classes de conformidade, da DS do tema EF [9], tema no qual se inseriu a componente prática do presente projeto.

Tabela 2-5: ATS do tema Instalações de Monitorização do Ambiente (EF).

ATS	Classes de conformidade	Testes
Parte 1 **Conformidade com ISDSS**	A.1 *Application Schema*	A.1.1 *Schema element denomination test*
		A.1.2 *Value type test*
		A.1.3 *Value test*
		A.1.4 *Attributes/ associations completeness test*
		A.1.5 *Abstract spatial object test*
		A.1.6 *Constraints test*
		A.1.7 *Geometry representation test*
	A.2 *Reference Systems*	A.2.1 *Datum test*
		A.2.2 *Coordinate reference system test*
		A.2.3 *Grid test*
		A.2.4 *View service coordinate reference system test*
		A.2.5 *Temporal reference system test*
		A.2.6 *Units of measurements test*
	A.3 *Data Consistency*	A.3.1 *Unique identifier persistency test*
		A.3.2 *Version consistency test*
		A.3.3 *Life cycle time sequence test*
		A.3.4 *Validity time sequence test*
		A.3.5 *Update frequency test*
	A.4 *Data Quality*	A.1.1- A.1.7 *Logical consistency – Conceptual consistency*
	A.5 *Metadata IR*	A.5.1 *Metadata for interoperability test*
	A.6 *Information Accessibility*	A.6.1 *Code list publication test*
		A.6.2 CRS *publication test*
		A.6.3 CRS *identification test*
		A.6.4 *Grid identification test*
	A.7 *Data Delivery*	A.7.1 *Encoding compliance test*
	A.8 *Portrayal*	A.8.1 *Layer designation test*
Parte 2 **Conformidade com DS**	A.9 *Technical Guideline*	A.9.1 *Multiplicity test*
		A.9.1 CRS *http* URI *test*
		A.9.2 *Metadata encoding schema validation test*
		A.9.3 *Metadata occurrence test*
		A.9.4 *Metadata consistency test*
		A.9.5 *Encoding schema validation test*
		A.9.6 *Coverage multipart representation test*
		A.9.7 *Coverage domain consistency test*
		A.9.8 *Style test*

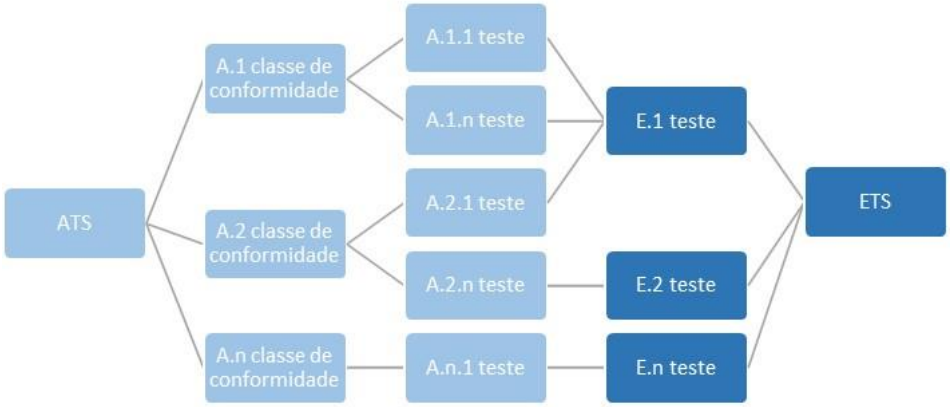


Figura 2-10: ETS com implementação física dos ATS. Adaptado de: EPSILON Italia (2016) [19].

Os testes permitem verificar a coerência dos CDG com o esquema alvo (*target schema*) e se existir, com o *schematron* do respetivo tema INSPIRE. O *schematron* é definido pela norma ISO/IEC 19757, sendo uma linguagem de marcação extensível (*EXtensible Markup Language*, XML) de validação que verifica padrões em esquemas de linguagem de modelagem unificada (*Unified Modeling Language*, UML) e descreve as regras e restrições que possam existir no modelo de dados [20]. Não existe um *schematron* para o tema EF, pelo que esta forma de validação não foi realizada. Para executar os testes das diferentes classes de conformidade, é necessário um conjunto de testes executáveis (*Executable Test Suite*, ETS) que contenha a implementação física dos ATS (*Figura 2-10*). Um ETS pode abranger vários ATS. Existem ferramentas informáticas que possibilitam a validação automática através de ETS, que por sua vez são os ATS que podem ser executados automaticamente. Para os ATS que não podem ser executados de forma automática, existem TG para a realização de uma validação manual [21]. As ferramentas que dispõem dos ETS, poderão ser aplicações informáticas ou aplicações na internet (*online*) de validação e edição de XML, sendo que as utilizadas no âmbito do presente trabalho de projeto foram o INSPIRE *Validator* e o eENVplus *Validation Service*.

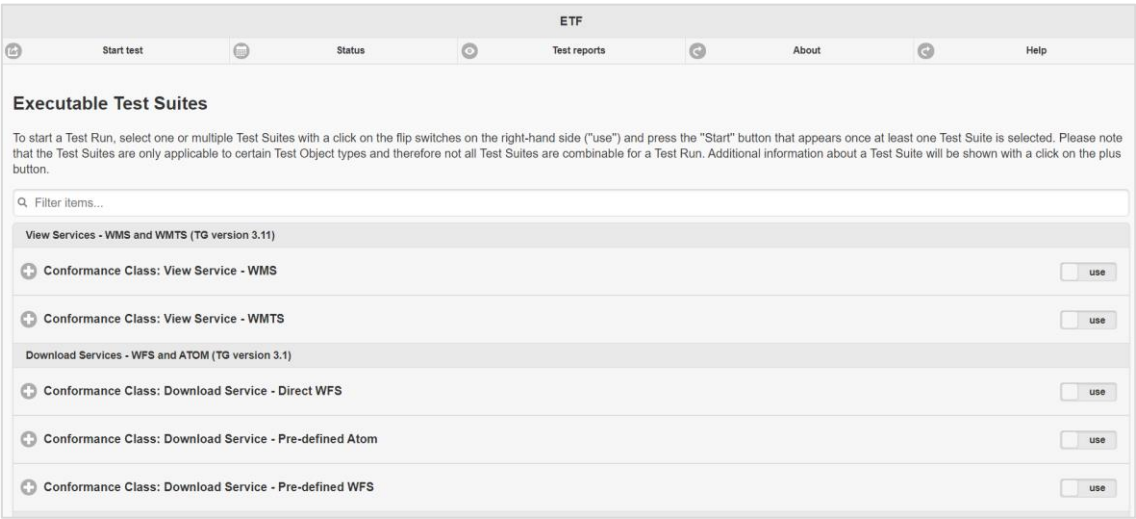


Figura 2-11: *INSPIRE Validator*.

O INSPIRE *Validator* (*Figura 2-11*) é uma ferramenta na internet que disponibiliza um serviço de validação livre. É possível aceder a esta ferramenta através do sítio de internet do INSPIRE através da seguinte ligação: http://inspire.ec.europa.eu/validator/. Disponibiliza os ETS para implementar os ATS das DS INSPIRE. O serviço disponibiliza ao utilizador a possibilidade de iniciar, controlar, monitorizar os testes e avaliar os resultados através do menu. A opção "*Start test*" lista os ETS disponíveis, pelo que para proceder à validação basta clicar na opção "*use*" e carregar o conjunto de dados transformado em formato pasta de informações comprimida (*Zipped Information Paste*, ZIP) ou XML. A opção "*Status*" indica os testes realizados no sistema e permite abrir um visualizador de um teste realizado. A opção "*Test reports*" fornece os resultados dos testes realizados, ficando estes disponíveis por oito dias, mas também permite descarregar o relatório detalhado na opção "*Download test report*". A opção "*Help*" encaminha o utilizador para uma página de apoio ao serviço de validação.

O eENVplus *Validation Service* (*Figura 2-12*) é também uma ferramenta na internet que disponibiliza um serviço de validação livre com os ETS para implementar os ATS. É possível aceder a esta ferramenta através da *eENVplus European Project platform* em http://www.eenvplus.eu/ e da *Epsilon Italia Cloud Infrastructure for INSPIRE* em cloud.epsilon-italia.it. Disponibiliza os ETS que implementam os ATS das DS INSPIRE, um guia introdutório de apoio e orientações para a validação manual dos ATS que não podem ser realizados de forma automática. Para proceder à validação com o eENVplus *Validation Service* é necessário estar registado e carregar o CDG transformado, através de três formatos possíveis: recurso local (ficheiro *Geography Markup Language*, GML), recurso na rede (*web*) (*Uniform Resource Locator*, URL do GML) ou serviço de rede, nomeadamente o *GetFeauture request*. Adicionalmente, é possível selecionar o *schematron* disponível de um determinado tema INSPIRE para testar os requisitos que não podem ser traduzidos no XML, como por exemplo, a representação da geometria ou listas de códigos. O resumo dos resultados da validação realizada, é fornecido na página dos resultados, onde também é disponibilizada uma ligação para se obter mais detalhes. A ligação possibilita o acesso ao ficheiro da validação, com as informações referentes aos testes aprovados, ignorados ou reprovados e a descrição dos erros existentes. Por fim, também é disponibilizada uma ligação para se visualizar o diagrama da validação, onde os resultados estão agrupados por cada teste [22].

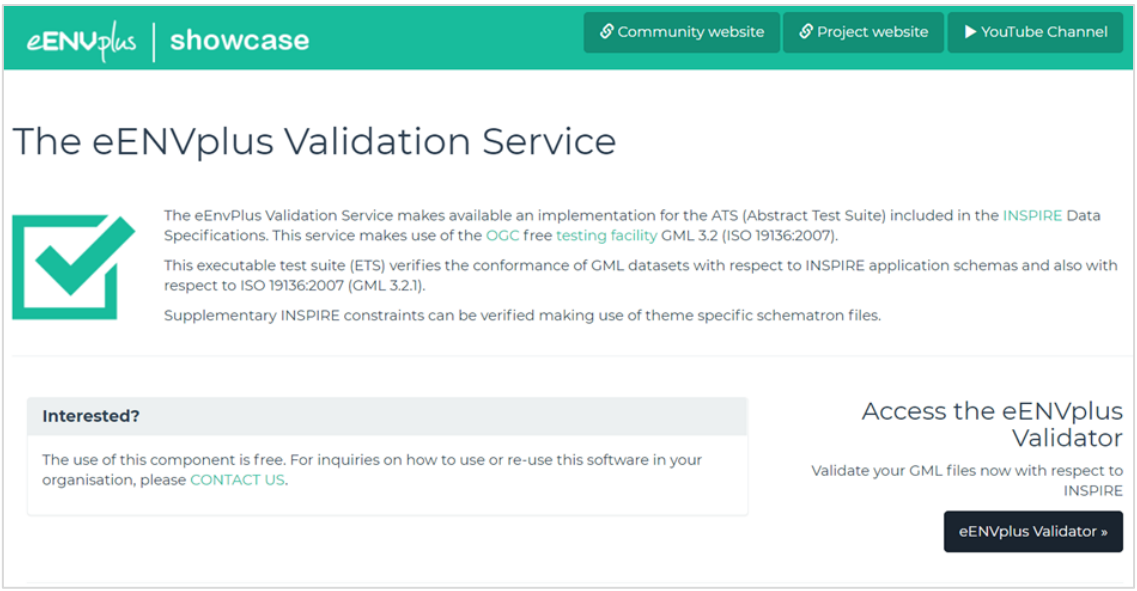


Figura 2-12: *eENVplus Validation Service*.

3 A Agência Portuguesa do Ambiente - APA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar uma breve descrição e enquadramento da instituição onde foi realizado o presente projeto, bem como a sua missão, os seus CDG e o trabalho desenvolvido no âmbito da Diretiva INSPIRE.

3.1 A missão da APA

A APA é um instituto público pertencente à administração indireta do Estado. Como organismo central, os seus deveres incidem em todo o território nacional. É resultante da fusão em 2012, conforme o Decreto-Lei n.º 56/2012, de 12 de março [23], da Agência Portuguesa do Ambiente, do Instituto da Água, I. P., das Administrações de Região Hidrográfica, I. P., da Comissão para as Alterações Climáticas, da Comissão de Acompanhamento da Gestão de Resíduos e da Comissão de Planeamento de Emergência do Ambiente, concentrando atualmente as respetivas atribuições de coordenação, harmonização e simplificação de procedimentos, racionalizando recursos de forma mais eficaz e aumentando a qualidade dos serviços prestados.

A APA é a entidade oficial nacional que representa Portugal perante a EEA, integrada nas agências da UE (*EU Agencies Network*) que auxiliam os EM na formulação de políticas económicas que envolvem questões do ambiente e da sustentabilidade, e que disponibilizam e coordenam informação credível e pertinente no domínio do ambiente. A APA atua "na proposta, desenvolvimento e execução das políticas de ambiente e de desenvolvimento sustentável, nomeadamente no âmbito da gestão dos recursos hídricos, do combate às alterações climáticas, da conservação da natureza e proteção da biodiversidade, da gestão dos resíduos, da proteção da camada do ozono e da qualidade do ar, da recuperação e valorização dos solos e outros locais contaminados, da prevenção e controlo integrados da poluição, da prevenção e controlo do ruído, da prevenção de riscos industriais graves, da segurança ambiental e das populações, da rotulagem ecológica, das compras ecológicas, dos sistemas voluntários de gestão ambiental, bem como da avaliação de impacte ambiental e avaliação ambiental de planos e programas" [23].

Como missão, a APA propõe, desenvolve e acompanha a gestão das políticas de ambiente e de desenvolvimento sustentável, articulando com outras políticas setoriais e europeias através de parcerias e colaboração com entidades públicas e privadas de âmbito nacional e internacional que têm em vista o mesmo propósito, de proteção e valorização do ambiente, como também a prestação de serviços de qualidade para os cidadãos. A APA é a entidade responsável pelo Sistema Nacional de Informação de Ambiente (SNIAmb) e neste âmbito "assegura, mantém e divulga o centro de referência para os dados ambientais e promove a análise integrada dos resultados da monitorização da execução de políticas e medidas tomadas, produzindo relatórios, demonstrativos do estado e das pressões a que o ambiente está sujeito." O SNIAmb (*Figura 3-1*) foi lançado em fevereiro de 2011, dado que era crucial a existência de um mecanismo de recolha, ordenação e partilha de informação objetiva, credível, atualizada e comparável para o desenvolvimento de políticas ambientais e processos de tomada de decisão. Foi incumbido à APA o desenvolvimento e manutenção do SNIAmb para garantir uma estrutura que divulgue dados de referência, como apoio no desenvolvimento e avaliação de políticas ambientais. O desenvolvimento do SNIAmb também serviu como melhoria no processo de elaboração de relatórios ambientais no âmbito do *e-Reporting* da UE e demais organizações internacionais [24].

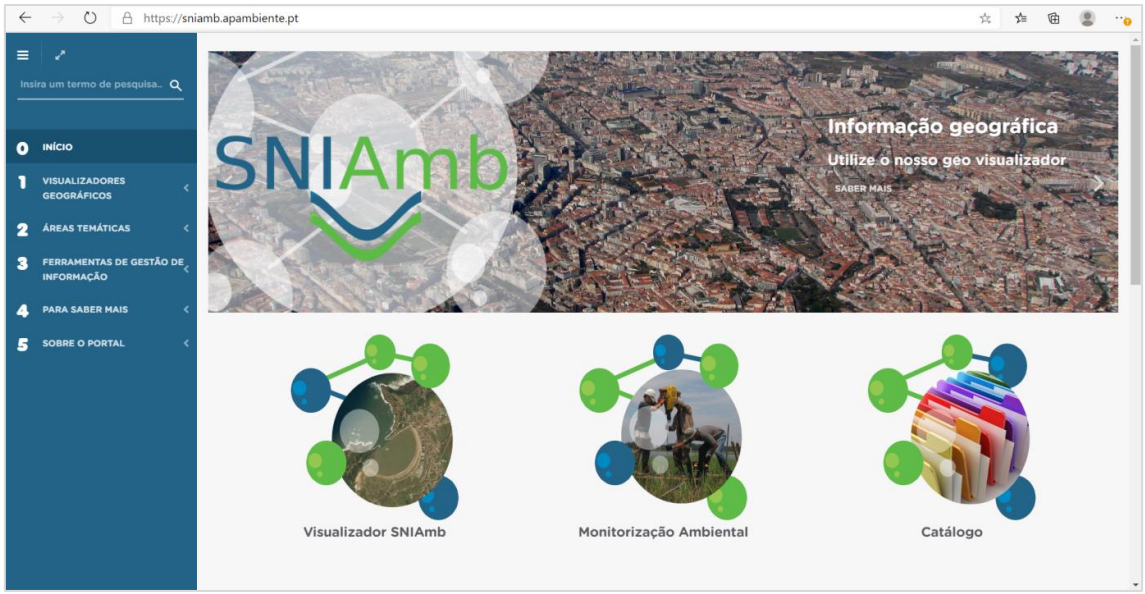


Figura 3-1: Sítio de internet do SNIAmb.

3.2 Os CDG da APA

A APA, utiliza, produz, possui e distribui oficialmente CDG. É responsável, no âmbito da monitorização anual da Diretiva INSPIRE, pelos CSDG que lhe foram incumbidos e por estes estarem em conformidade com as demais IRs e TG definidas no âmbito da presente diretiva. A *Tabela 3-1* identifica as categorias temáticas INSPIRE onde se inserem os CDG da responsabilidade da APA. Os CDG da APA, inclusive os CDG prioritários, encontram-se listados no Anexo A do presente trabalho.

Tabela 3-1: Temas onde se inserem os CDG da responsabilidade da APA.

Anexos INSPIRE	Categorias temáticas INSPIRE
Anexo I Dados de Referência	- Hidrografia (HY)
Anexo III Dados Sociográficos, de Natureza e de Estatística	- Uso do solo (LU)
	- Serviços de utilidade pública e do Estado (US)
	- Instalações de monitorização do ambiente (EF)
	- Instalações industriais e de produção (PF)
	- Zonas de gestão/ restrição/ regulamentação e unidades de referência (AM)
	- Zonas de risco natural (NZ)

A nova estrutura organizacional SNIG/ INSPIRE, reorganizou os Grupos de Trabalho INSPIRE, "para além do Conselho de Orientação do Sistema Nacional de Informação Geográfica (CO-SNIG), da DGT como PCN INSPIRE e do Grupo de Trabalho Monitorização e Elaboração de Relatórios (GTI-M&R) (…) a proposta de reorganização envolve essencialmente os Grupos de Trabalho Temáticos (GTI-TE) e o Grupo de Trabalho Transversal (GTI-TR), através da criação de um novo grupo, o Grupo de Trabalho Operacional (GTI-Op) que resulta da fusão do Grupo de Coordenação dos Grupos de Trabalho INSPIRE-PT (GC-GTI) e do GTI-TR e a criação das Redes Temáticas, redes de contactos associadas aos temas/ clusters temáticos resultantes da reconversão dos 9 GTI-TE" [25].

As Redes Temáticas são redes de contactos compostas por técnicos dos anteriores GTI-TE, pertencentes às estruturas organizacionais criadas pela DGT, para o estudo das IRs presentes em cada categoria temática INSPIRE, abordando a materialização dos aspetos técnicos da interoperabilidade e da harmonização dos dados geográficos, com o objetivo de promover "a colaboração e partilha de conhecimento e experiências interinstitucionais, fator com especial relevância para a implementação da Diretiva INSPIRE em Portugal" [26]. A *Tabela 3-2* lista as Redes Temáticas às quais a APA pertence, à semelhança dos temas relacionados onde se inserem os CDG incumbidos.

Tabela 3-2: Redes Temáticas – APA.

Temas	Redes temáticas (ex-GTI-TE)
AM	RT2 - Biodiversidade e Ordenamento
NZ	RT3 - Ciências da Terra
EF	RT6 - Monitorização e Observação Ambiental
LU	RT7 - Ocupação e Uso do Solo
US e **PF**	RT8 - Serviços de Utilidade Pública e Instalações industriais e agrícolas
HY	RT9 - Topografia e Cadastro

3.3 Harmonização de CDG no contexto da APA

A APA adota o modelo de dados presente nas DS das diferentes categorias temáticas dos anexos da Diretiva INSPIRE para a concretização da harmonização dos CDG. Presentemente, a APA tem harmonizados os CDG inseridos no tema Hidrografia (*Theme Hydrography*, HY) e fez testes de harmonização do CDG Zonas com Risco Potencial Significativo de Inundações (*Areas of Potential Significant Flood Risk*, APSFR) no âmbito da Diretiva n.º 2007/60/CE, de 23 de outubro de 2007 [27], classificada no tema Zonas de risco natural (*Theme Natural Risk Zones*, NZ). O presente trabalho de projeto serve igualmente como contributo para a harmonização do CDG Águas balneares de Portugal, inserido no tema EF. Atualmente, os CDG harmonizados pela APA, são os que constam na *Tabela 3-3*. O trabalho e métodos aplicados no processo de transformação dos conjuntos pertencentes ao tema HY foi perdido e abruptamente interrompido, não havendo a transmissão do conhecimento relativo à respetiva experiência que vinha a ser desenvolvida por um membro da equipa que deixou de estar presente.

Tabela 3-3: CDG harmonizados pela APA.

Tema	Título	Objetivo
HY	Rede hidrográfica GeoCodificada	Geocodificação da rede hidrográfica
	Bacias Hidrográficas das Massas de Água de Portugal	Delimitação das áreas de drenagem das massas de água definidas no âmbito da DQA, para os Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) 2016-2021
	Principais Bacias Hidrográficas	Principais bacias hidrográficas definidas no âmbito da DQA
	Bacias dos troços de linha de água GeoCodificadas	Geocodificação da rede hidrográfica

Os testes de harmonização do CDG INSPIRE APSFR, foram realizados em dois momentos distintos, com abordagens diferentes:

a) no primeiro ciclo, procedeu-se à harmonização recorrendo às aplicações informáticas FME e HALE utilizando o modelo de dados do tema NZ, não sendo mandatório a elaboração do relatório ao abrigo da Diretiva INSPIRE.
b) no segundo ciclo, foram feitos testes de submissão do relatório à Rede Europeia de Informação e de Observação do Ambiente (*European Environment Information and Observation Network*, EIONET) da cartografia produzida relativamente ao conjunto de dados, tendo-se optado pela submissão da cartografia "*as is*" em formato GML.

O modelo de dados do tema NZ permite a transformação dos dados em formato vetorial e matricial e compreende quatro objetos geográficos, nomeadamente "área de perigo", "zona de risco", "elemento exposto" e "evento observado". No entanto, a APA não possui informação georreferenciada de eventos observados deste âmbito. Como requisito para a consistência geométrica dos dados, "as zonas de risco devem sobrepor-se à área de perigo (da zona inundável), tendo em conta o respetivo período de retorno, bem como aos elementos expostos associados a esse período de retorno" [28].

A EIONET, que pertence à EEA, é uma rede de informação partilhada com os países membros e os cooperantes. "Através da EIONET, a EEA coordena a entrega, e validação de informação ambiental por parte dos países membros. Esta é a base de avaliações ambientais integradas e o conhecimento que é disseminado e acessível através do sítio de internet da EEA. Esta informação serve para apoiar os processos de gestão e avaliação ambiental, as políticas ambientais, e a participação do público a nível nacional, europeu e global" [24].

4 Dados e metodologia

O presente capítulo tem como objetivo expor uma breve descrição sobre o CDG Águas balneares de Portugal, objeto de estudo, e apresentar o método aplicado no presente projeto que comparou as ferramentas de transformação FME e HALE.

4.1 Águas balneares de Portugal

O conjunto "Águas balneares de Portugal" é um dos CDG prioritários que implica a elaboração de relatórios ambientais. Relatórios estes, que os EM têm de realizar relativamente às suas águas balneares e que resultam da respetiva monitorização e avaliação da qualidade. O fornecimento dos relatórios à CE é realizado anualmente. Primeiramente, identifica-se as águas balneares e define-se a época balnear, entendida como "o período em que se prevê uma grande afluência de banhistas" [29]. A monitorização é realizada com base em pontos de amostragem definidos, sendo estes representativos do local das respetivas águas balneares. Nos pontos de amostragem, as amostras "deverão ser recolhidas 30 centímetros abaixo da superfície das águas e em águas de 1 metro de profundidade, no mínimo" e os resultados da monitorização servirão para criar conjuntos de dados sobre a qualidade das águas balneares, que juntamente com análises bacteriológicas, permitirão realizar a avaliação da qualidade de cada uma e classificá-las [29].

Em Portugal, a entidade competente para identificar, gerir, monitorizar e classificar a qualidade das águas balneares é a APA, com a colaboração do Instituto de Socorros a Náufragos (ISN), da Direção-Geral da Saúde (DGS), da Autoridade Marítima Nacional (AMN), das Regiões Autónomas, dos Municípios e da Direção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos (DGRM). Neste âmbito, a APA rege-se pelas normas da Diretiva n.º 2006/7/CE, de 15 de fevereiro de 2006 [29] referente à gestão da qualidade das águas balneares, transposta pelo Decreto-Lei n.º 135/2009, de 3 de junho [30], alterado pelo Decreto-Lei n.º 113/2012, de 23 de maio [31], que define o regime jurídico de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares e de prestação de informação ao público.

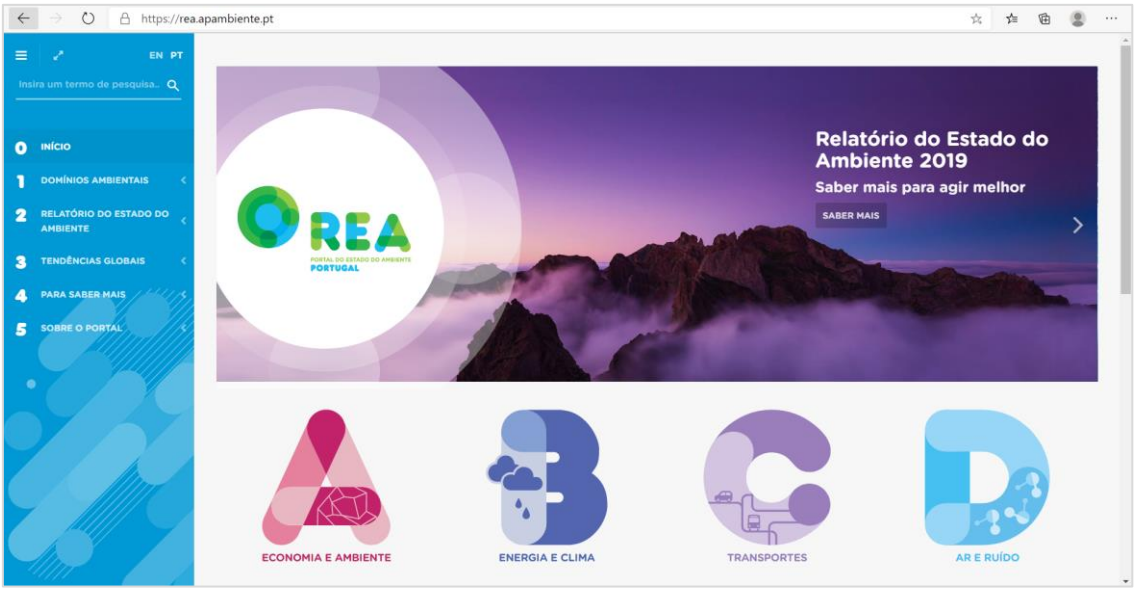


Figura 4-1: Sítio de internet do REA.

A APA possibilita a consulta e acompanhamento do desempenho ambiental do país através do Portal do Estado do Ambiente (REA), onde estão disponíveis as fichas de indicadores organizadas pelos domínios ambientais: Economia e Ambiente, Energia e Clima, Transportes, Ar e Ruído, Água, Solo e Biodiversidade, Resíduos e Riscos Ambientais (*Figura 4-1*). A consulta das últimas atualizações sobre a evolução da qualidade das águas balneares costeiras, de transição e interiores, poderá ser realizada em https://rea.apambiente.pt/content/%C3%A1guas-balneares.

A APA, também disponibiliza um mapa interativo da EEA sobre águas balneares da Europa, sendo possível a navegação pela localização e com a indicação da qualidade, organizada por classes: Excelente, Boa, Aceitável, Má e Sem Classificação. No mesmo sítio de internet, http://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=818&sub3ref=1290, também é disponibilizado as classificações realizadas desde 2011 das águas balneares portuguesas, os relatórios nacionais e europeus publicados pela APA, EEA e CE. Para uma consulta mais detalhada sobre segurança e qualidade das águas balneares, a APA fornece o acesso aos Comunicados Conjuntos realizados por ISN, DGS e APA, através do sítio de internet http://apambiente.pt/index.php?ref=19&subref=906, que também dispõe dos Perfis, que contêm a descrição de cada água balnear e informação sobre poluição e períodos em que estiveram desaconselhadas ou interditas. Outras informações e resultados de qualidade e a avaliação da adequabilidade para a prática balnear estão disponíveis no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) da APA (*Figura 4-2*), acessível em https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=2.1.

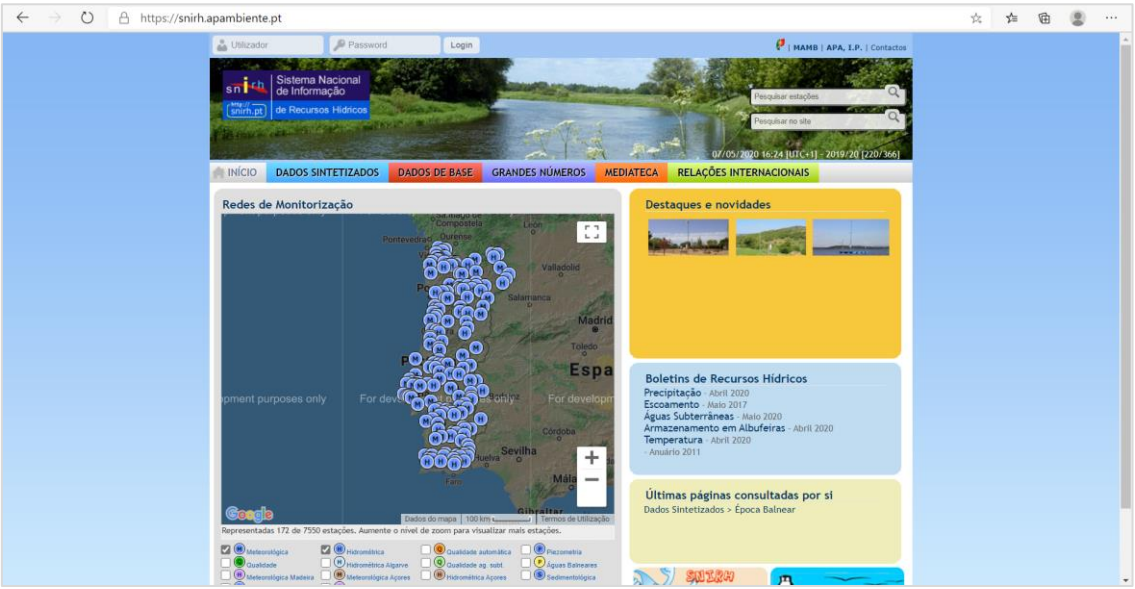


Figura 4-2: Sítio de internet do SNIRH.

Salienta-se que o CDG Águas balneares de Portugal disponível ao público no SNIAmb e no SNIG não compreende as informações e características acima mencionadas sobre as águas balneares, estas são realizadas no âmbito das diretivas e disponibilizadas nos meios de comunicação referidos. O CDG fonte inclui apenas o código, o nome, as coordenadas e a geometria dos pontos de amostragem que se referem às instalações de monitorização das águas balneares, que será descrito na *Secção 5.1* do presente trabalho.

4.2 Método: harmonização por comparação FME com HALE

A harmonização do CDG Águas balneares de Portugal envolveu duas experiências de transformação, através de aplicações informáticas diferentes, FME e HALE. Deste modo, realizaram-se duas transformações do mesmo CDG de modo a comparar as ferramentas de transformação e a identificar as principais diferenças.

O processo realizado para atingir a harmonização dos dados incluiu diversas fases, inclusive a repetição de algumas, como ilustrado na *Figura 4-3*. O processo iniciou-se com a identificação e análise do CDG fonte da APA, depois a identificação e análise da categoria temática INSPIRE onde se insere e respetivo modelo de dados alvo. Uma vez identificado e analisado o esquema alvo, analisou-se e preencheu-se a tabela de correspondência INSPIRE da respetiva categoria temática. A fase de transformação dos dados foi repetida, utilizando primeiro o FME e depois o HALE. Depois de os dados serem transformados em cada aplicação informática, as fases posteriores também foram repetidas até a obtenção de cada produto final (os GML) harmonizado, nomeadamente a exportação e análise do GML, a validação do GML no *INSPIRE Validator*, as correções e a eliminação de erros novamente na transformação de dados e quando terminado, a importação do GML para a BD da APA.

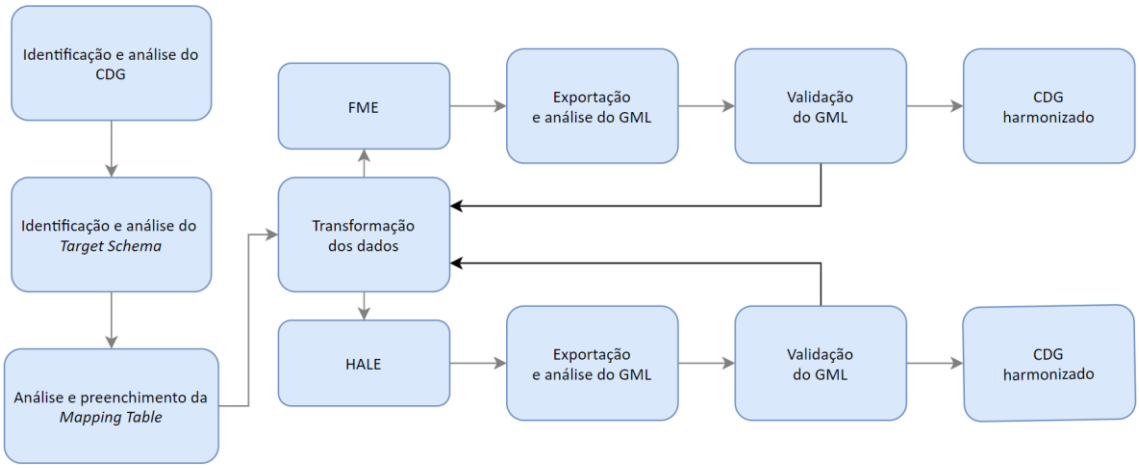


Figura 4-3: Processo de harmonização por comparação de FME e HALE.

A fase "Identificação e análise do CDG", envolveu o conhecimento dos dados e seu objetivo como CDG da APA, disponibilizado ao público no SNIAmb e no SNIG. A obtenção dos dados, realiza-se a partir do SNIAmb ou da BD da APA. Uma vez obtidos os dados, e respetivos metadados, procedeu-se à análise e identificação do formato do ficheiro, da representação espacial, do sistema de coordenadas, dos atributos e de outras características de modo a conhecer e a compreender o modelo de dados fonte.

A fase "Identificação e análise do *Target Schema*", implicou o conhecimento geral das categorias temáticas do INSPIRE, e com o auxílio do documento D2.3 *Definition of Annex Themes and Scope* [32], procedeu-se à identificação e análise do tema no qual o CDG Águas balneares de Portugal se insere. Apesar da indicação inicial de que o CDG fonte se inseria no tema Zonas de gestão/ restrição/ regulamentação e unidades de referência (*Theme Area Management/ Restriction/ Regulation Zones and Reporting Units*, AM), internamente na APA, foi confirmado que se insere no tema EF.

O tema AM é tematicamente amplo uma vez que abrange todas as áreas definidas no âmbito legal relacionado com as políticas ambientais. É assente na "necessidade de informações espaciais sobre áreas onde são estabelecidos regimes específicos de gestão, restrição ou regulamentação e a definição de "unidades de relatório"". O modelo de dados do tema AM, permite a partilha de dados geográficos entre diferentes domínios ambientais e entidades públicas. As especificações gerais de gestão, restrição e regulamentação estão organizadas através de um conjunto predefinido de tipos de áreas, que por sua vez se podem estender a mais tipos de áreas especializadas e os requisitos para criar unidades de relatório a partir de dados espaciais INSPIRE são especificados na respetiva DS. Deste modo, o modelo de dados vai-se especializando com objetos espaciais que tenham características específicas adicionais, de um determinado domínio ambiental, no entanto, é de salientar que estas características específicas e a sua informação não pertencem ao foco do tema AM. Nas unidades de relatório, é utilizada a referência espacial dos objetos espaciais de outros temas INSPIRE, para a informação a reportar, no âmbito da obrigatoriedade de elaboração de relatórios ambientais [33].

O tema EF é transversal aos outros temas INSPIRE que se debruçam sobre o ambiente. O foco é as instalações de monitorização do ambiente e os dados (obtidos pelas observações, medições ambientais e outros parâmetros do ecossistema), sendo as instalações a ligação entre os dados espaciais e as respetivas monitorizações. "*On the one hand environmental monitoring facilities are linked to information describing aggregations/ collections of monitoring facilities and their thematic or organisational grouping and background. On the other hand environmental monitoring facilities link to observations and measurements taken*." O modelo de dados do tema EF, permite incluir informações referente às instalações e a atividades, a redes ou a programas a que pertençam, no fornecimento dos dados ambientais [9].

A decisão sobre em que tema INSPIRE o CDG fonte se insere, foi tomada pelo Departamento de Recursos Hídricos (DRH) e pelo Departamento de Tecnologia e Sistemas de Informação (DTSI) da APA. Para se iniciarem os trabalhos de implementação do INSPIRE, sendo que o DRH tem a responsabilidade do reporte para a DQA e o DTSI tem a responsabilidade de implementar o INSPIRE, pressupôs-se que os reportes seriam realizados com a metodologia INSPIRE. No entanto, foi notado que a elaboração no âmbito da DQA diferia do que estava a ser preparado para o INSPIRE e que, enquanto o INSPIRE estivesse a ser implementado, haveria dois reportes, i.e., um para o INSPIRE e outro para a DQA. Para o INSPIRE, serão enviados os CDG (ficheiros GML com a geometria implícita), enquanto que, para a DQA, é enviado um ficheiro *Excel*, com diferentes folhas (*sheets*) onde consta a informação das coordenadas dos pontos de amostragem da monitorização, dos resultados analíticos das amostras recolhidas nas respetivas coordenadas e das classificações anuais das águas balneares. Constatou-se que, com as diferenças entre reportes, seria impossível proceder a uma concatenação entre o INSPIRE e as restantes diretivas. Atualmente, continua a existir a dificuldade em alinhar o reporte INSPIRE com o da DQA. No futuro, existirá um novo reporte só para dados geográficos no âmbito da DQA, mas a EEA ainda não especificou o seu procedimento e aguarda-se que a CE defina o pretendido. Por este motivo, o DTSI e o DRH concordaram que as águas balneares de Portugal podem e devem ser reportadas em ambos os temas, mas em CDG diferentes. Uma vez que o CDG fonte, objeto de estudo do presente projeto, é relativo apenas aos pontos de recolha (instalações) de monitorização das águas balneares, insere-se no tema EF. Caso tivesse atributos relacionados com a gestão (apetência, restrições, etc.) deveria ser integrado no tema AM. A lógica aplicada noutras redes de monitorização serviu de base, e.g. relativamente à DQA, e em termos do INSPIRE, foi acordado que as bacias de drenagem (polígonos) são reportadas no AM, já as instalações de qualidade (pontos de amostragem onde se procede às amostras para análise) são reportadas no EF. Outro exemplo, no âmbito da Diretiva n.º 91/676/CEE, de 12 de dezembro de 1991 [34] (nitratos de origem agrícola), a delimitação das respetivas áreas é realizada pela Direção-Geral de Agricultura

e Desenvolvimento Rural (DGADR) e as instalações de qualidade são da responsabilidade da APA, então prevê-se que as áreas serão reportadas no AM e os pontos das instalações de qualidade no EF. Deste modo, concordou-se que as áreas de gestão se tratam de um CDG com características diferentes do CDG da rede de instalações de monitorização dessas áreas, pelo que se inserem em temas INSPIRE distintos.

A fase "Análise e preenchimento da *Mapping Table*", implica o seu descarregamento através do sítio de internet do tema em que se insere o CDG fonte. A tabela de correspondência fornece uma apresentação geral, do esquema alvo (*target shema*) descrevendo os seus atributos. Contém a informação das associações e restrições, dos valores, das enumerações e das listas de códigos, da multiplicidade e da condição de cada atributo. O seu preenchimento consiste na correspondência entre os atributos do esquema fonte (*source schema*) com os do esquema alvo para auxiliar na fase de transformação de dados e documentar o processo de harmonização.

A fase "Transformação dos dados" envolve as aplicações informáticas que permitem o mapeamento entre os modelos de dados fonte e alvo. À medida que se vai tratando atributo a atributo, aplicam-se as operações de transformação que cada aplicação oferece e os valores e características de acordo com as DS e com o que foi planeado na tabela de correspondência. O resultado pretendido nesta fase, serão os dados transformados em formato GML, respeitando a Diretiva INSPIRE.

A fase "Exportação e análise do GML", consiste em analisar de um modo geral o GML fora do ambiente das aplicações de transformação, para avaliar a sua estrutura e identificar possíveis erros que possam sobressair em linguagem XML. Auxilia na minimização de erros que poderão ser acusados nos validadores de CDG transformados.

A fase "Validação do GML", implica submeter os GML produzidos a diferentes testes, para confirmar que está em conformidade com a Diretiva INSPIRE. O objetivo desta fase é avaliar o grau de conformidade da transformação dos dados com os requisitos das IRs e TG INSPIRE. O resultado do validador determinará a possibilidade de se proceder para a fase seguinte do processo ou se há necessidade de se repetir a fase de transformação de dados (*Figura 4-3*), para corrigir alguma incoerência. Nesta fase deu-se primazia ao serviço *INSPIRE Validator*, no entanto, para comparação dos resultados, também se submeteu os ficheiros GML gerados ao *eENVplus Validation Service*.

A fase "CDG harmonizado", reflete o momento em que se está na posse de um CDG INSPIRE, aprovado e de acordo com a presente diretiva, sendo possível a sua exploração em sistemas de informação geográfica (SIG). Terminado todo o processo de harmonização, os ficheiros GML são importados para a BD da APA, para futuramente, fora do âmbito do presente trabalho, ser adaptado e publicado em serviços de visualização e de descarregamento.

4.2.1 Comparação das ferramentas de harmonização

As ferramentas de transformação de dados utilizadas no presente projeto permitem harmonizar os CDG no âmbito da Diretiva INSPIRE. A *Tabela 4-1* ilustra características gerais pertinentes que puderam ser comparadas. Ambas as aplicações conseguem importar diferentes tipos de ficheiros referentes ao modelo de dados fonte, estabelecer o mapeamento entre o esquema fonte e alvo, apesar da particularidade do FME não incluir todos os elementos disponíveis no *Writer* para a modelação (descrito na *Secção 6.1*), transformar o sistema de coordenadas dos objetos espaciais para o pretendido através das respetivas funções que cada aplicação oferece, incluir na transformação de dados a codificação GML 3.2.1, requerida pela Diretiva INSPIRE, e validar e visualizar os dados transformados. Ao contrário do FME, o HALE não suporta uma *geodatabase* (GDB) da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) a menos que seja com a versão profissional. O HALE também não apresenta as tarefas em tempo real, pelo que é necessário recorrer ao *GeoServer*, através do plugin *Appschema*, e nem analisa os dados fonte.

Tabela 4-1: Comparação das funcionalidades das aplicações informáticas FME e HALE.

Aplicações informáticas	**Diferentes ficheiros**	**Mapeamento entre esquemas**	**Transformação de coordenadas**	**GDB ESRI**	**Codificação GML 3.2.1**	**Validação e visualização**	**Tarefas em tempo real**	**Análise dos dados fonte**
FME 2020 (Proprietário)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
HALE 3.5.0 (Livre de código aberto)	✓	✓	✓		✓	✓		

5 Modelos de dados

O presente capítulo tem como objetivo descrever os modelos de dados fonte e alvo, a tabela de correspondência do tema EF e casos que serviram de orientação para o presente projeto.

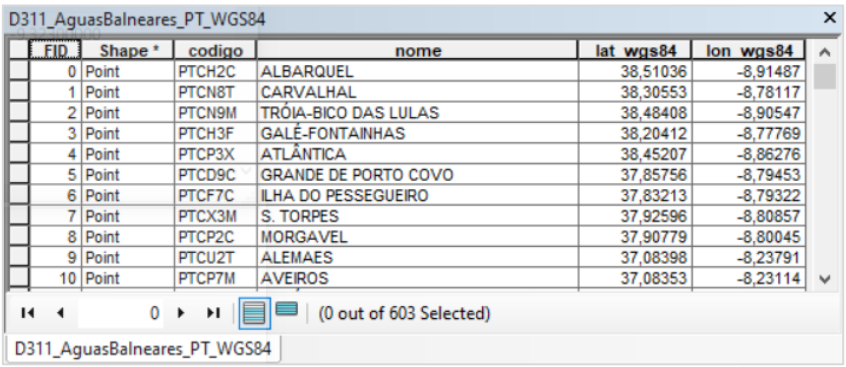
5.1 Modelo de dados fonte: Águas balneares de Portugal

O modelo de dados fonte refere-se à época balnear de 2019 e tem como objetivo identificar os pontos georreferenciados de monitorização da qualidade das águas balneares do continente e das regiões autónomas. O ficheiro é disponibilizado em formato *shapefile* e composto por 603 pontos que representam os pontos de amostragem definidos, sendo estes, os locais das respetivas amostras de águas balneares, avaliados anualmente pela APA recorrendo a GPS e ortofotomapas. As características do modelo de dados fonte são apresentadas na *Tabela 5-1*.

Tabela 5-1: Características do modelo de dados fonte da APA.

Águas balneares de Portugal	
Representação	Vetorial
Geometria	Pontos
Sistema de referência	GCS_WGS_1984
Data	2019

Os elementos presentes no modelo de dados fonte, apresentados na *Figura 5-1*, consistem: na representação espacial dos pontos de amostragem através do atributo *Shape* do tipo *Geometry*, no identificador único (*unique identifier*, UID) e nome das águas balneares através dos atributos "codigo" e "nome", respetivamente, do tipo *Text* e nas coordenadas dos pontos de amostragem através dos atributos "lat_wgs84" e "lon_wgs84" do tipo *Double*, sendo que estes últimos, as coordenadas no Sistema Geodésico Mundial (*World Geodetic System*, WGS84), são atributos dispensáveis e redundantes, existindo apenas no CDG para que possa servir de referência quando se faz a exportação para formatos não suportados por SIG, e.g., de modo a servir de orientação a quem vai fazer a recolha.



D311_AguasBalneares_PT_WGS84

FID	Shape *	codigo	nome	lat_wgs84	lon_wgs84
0	Point	PTCH2C	ALBARQUEL	38,51036	-8,91487
1	Point	PTCN8T	CARVALHAL	38,30553	-8,78117
2	Point	PTCN9M	TRÓIA-BICO DAS LULAS	38,48408	-8,90547
3	Point	PTCH3F	GALÉ-FONTAINHAS	38,20412	-8,77769
4	Point	PTCP3X	ATLÂNTICA	38,45207	-8,86276
5	Point	PTCD9C	GRANDE DE PORTO COVO	37,85756	-8,79453
6	Point	PTCF7C	ILHA DO PESSEGUEIRO	37,83213	-8,79322
7	Point	PTCX3M	S. TORPES	37,92596	-8,80857
8	Point	PTCP2C	MORGAVEL	37,90779	-8,80045
9	Point	PTCU2T	ALEMAES	37,08398	-8,23791
10	Point	PTCP7M	AVEIROS	37,08353	-8,23114

0 (0 out of 603 Selected)

D311_AguasBalneares_PT_WGS84

Figura 5-1: Excerto da tabela dos elementos do modelo de dados fonte.

No âmbito da DQA, a APA reporta a monitorização e a qualidade de todas as águas balneares de Portugal, no entanto, para a Diretiva INSPIRE está previsto que o reporte seja realizado de forma separada, nomeadamente pela APA sobre as águas balneares do continente e pelas Regiões Autónomas sobre as águas balneares das ilhas. No presente projeto, no interesse da APA e para seu próprio repositório, a harmonização do CDG foi realizada tendo em conta todos os pontos de monitorização.

5.2 Modelo de dados alvo: Instalações de Monitorização do Ambiente

A iniciativa INSPIRE é responsável pela ESDI que disponibilizará dados geográficos integrados. A identificação e o acesso a informação espacial proveniente de diferentes fontes para múltiplas finalidades, tornar-se-á possível através de métodos técnicos e semânticos interoperáveis. O INSPIRE emerge da fusão da tecnologia com políticas e normas. A ESDI agregará uma BD assente em modelos UML que permitem uma linguagem expressiva de todas as perspetivas necessárias para o desenvolvimento e implementação da infraestrutura. Adicionalmente, os diagramas UML revelam a estrutura lógica da BD, representam os aspetos estruturais e comportamentais dos modelos de dados, projetados com base nas políticas e normas, que definem como os dados serão armazenados e acedidos num Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD). Neste âmbito, a descrição dos dados é designada por esquema (*schema*).

O tema EF insere-se no anexo III da Diretiva INSPIRE, compreende a localização e funcionamento de instalações de monitorização do ambiente incluindo a observação e medição de emissões, do estado das diferentes componentes ambientais e de outros parâmetros dos ecossistemas pelas autoridades públicas ou por conta destas [2]. Alusivo às instalações, permite adicionalmente, a introdução de informações administrativas, como atividades, redes ou programas. Sendo transversal aos outros temas relacionados com o ambiente, o modelo de dados alvo também dá a liberdade para incluir as necessidades específicas de cada um. O documento *D2.8.II/III.7 INSPIRE Data Specification on Environmental Monitoring Facilities – Technical Guidelines* [9], ajuda a materializar as IRs da presente diretiva e os requisitos e recomendações das TG no processo de interoperabilidade e harmonização de CSDG do tema EF. As DS do EF definem as instalações de monitorização como objetos espaciais que se ligam às observações e medições nelas realizadas. Uma instalação pode alojar outras, podendo ser agrupadas para formar redes de monitorização ou pertencerem a programas de monitorização, estabelecidos pela lei, fornecendo às autoridades públicas informações relevantes em matéria do ambiente. Uma vez que os dados resultantes das observações e medições de uma instalação contribuem para a elaboração de relatórios ambientais, o modelo de dados alvo permite a ligação entre as instalações e os relatórios, com o objetivo de futuramente tornar possível a existência de um suporte opcional aos relatórios ambientais. As DS abrangem diversos tipos de monitorização ambiental, para atender às necessidades de outros temas, desde a que é realizada a partir de instalações fixas, equipamentos móveis ou por deteção remota. Está também previsto nas DS, os direitos de acesso e proteção de dados sobre as instalações, no que se refere ao elemento observado para salvaguardar a monitorização. Relativamente ao nível de detalhe, não é imposto um específico, para que este seja adequado aos requisitos de cada EM.

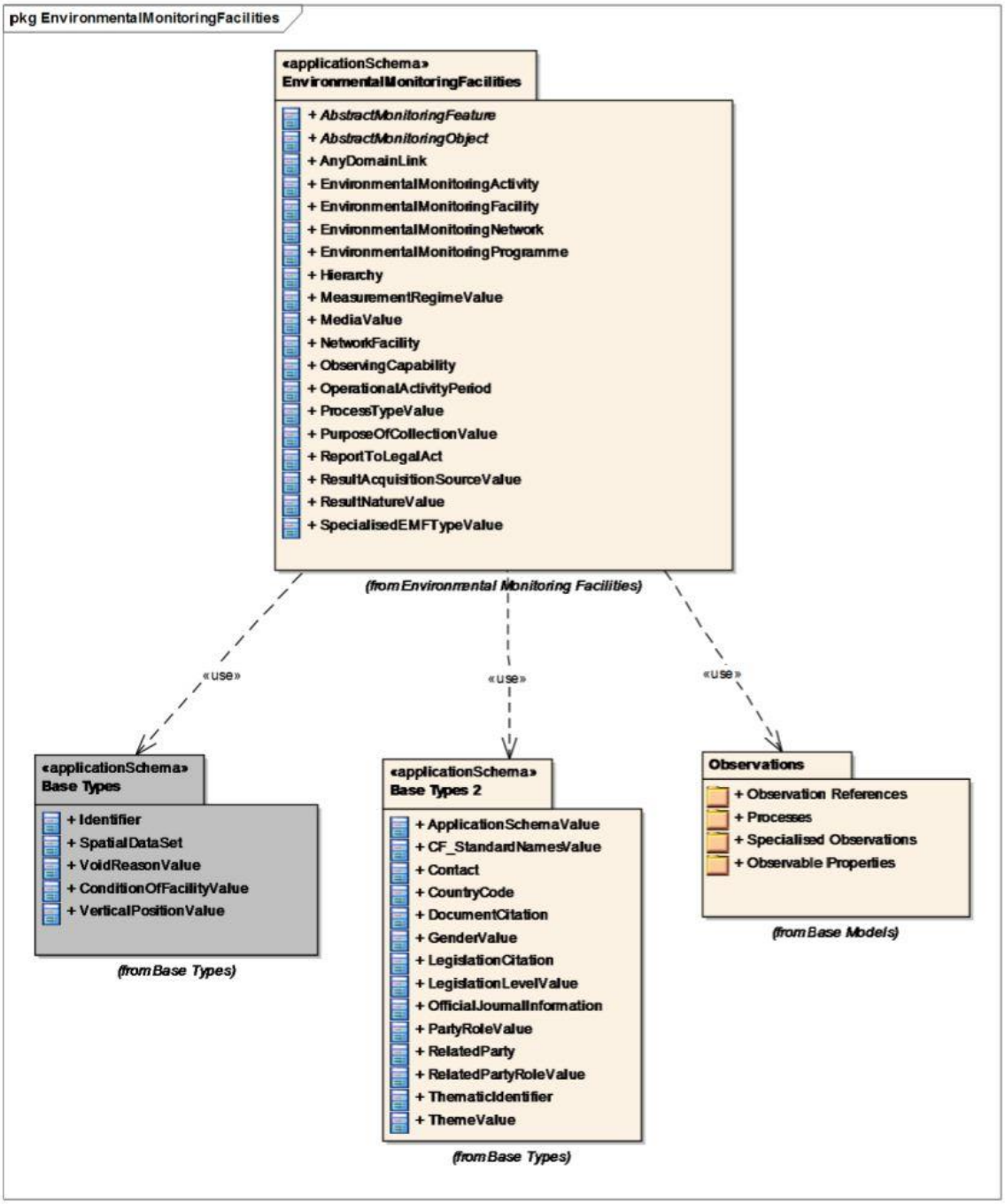


Figura 5-2: *Package dependency of the EF application schema*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O modelo de dados *EnvironmentalMonitoringFacilities.xsd*, versão 4.0, está acessível no repositório de esquemas da Diretiva INSPIRE: https://inspire.ec.europa.eu/schemas/. A *Figura 5-2* ilustra o pacote no âmbito do tema EF e contextualiza o modelo com os outros envolvidos. O pacote EF exerce uma dependência dos *Base Models* (*Observations*) e *Base Types* (*Base Types* e *Base Types 2*) do *Generic Conceptual Model* (GCM), comuns a outros temas INSPIRE. A visualização dos diagramas UML pode ser realizada em: https://inspire.ec.europa.eu/data-model/approved/r4618-ir/html/. A informação dos tipos de objetos espaciais e dos dados definidos nas DS INSPIRE pode ser consultada em: https://inspire.ec.europa.eu/data-model/approved/r4618-ir/fc/#_C32331.

O pacote *Observations*, compreende modelos de dados assentes nos padrões das observações e medições da ISO 19156:2011 (*Observations and measurements standard*, O&M), descritas no documento *D2.9 Guidelines for the use of Observations & Measurements and Sensor Web Enablement-related standards in INSPIRE* [35]. Os pacotes *Base Type* e *Base Type 2*, compreende modelos de dados básicos presentes nas DS dos temas pertencentes aos anexos II e III do INSPIRE. Encontram-se separados para que seja possível manter-se a compatibilidade com os modelos de outras versões. A composição é assente nas IRs da presente diretiva e os requisitos e recomendações das TG, neste caso, do documento *D2.5: Generic Conceptual Model* [36]. O modelo de dados do EF recorre às classes *Identifier*, *VoidReasonValue*, *LegislationCitation* e *RelatedParty*.

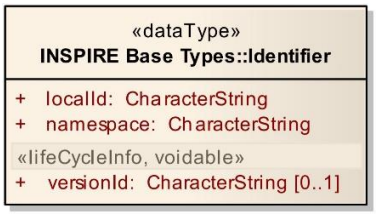


Figura 5-3: Classe *Identifier*. Adaptado de: INSPIRE (2014) [36].

A classe *Identifier* do tipo *data type* do GCM (*Figura 5-3*), traduz-se na alínea a), n.º 2, do artigo 8.º da Diretiva n.º 2007/2/CE, de 14 de março de 2007 [2] "quadro comum de identificação única dos objetos geográficos que permita estabelecer uma correspondência com os identificadores existentes nos sistemas nacionais, a fim de assegurar a respetiva interoperabilidade". Trata-se de um UID criado pela entidade responsável que também poderá ser utilizado como uma identificação externa ("*foreign key"*) aquando da referência do objeto espacial. A sua composição é feita através dos atributos ***localId***, ***namespace*** e ***versionId*** do tipo *character string*. O atributo *localId* identifica o identificador local único. O atributo *namespace* identifica a fonte de dados do objeto espacial. O atributo *versionId* identifica a versão do objeto espacial.

A classe *VoidReasonValue* do tipo *code list* do GCM (*Figura 5-4*), traduz-se nas razões de valores nulos que possam existir num modelo de dados e compreende três valores possíveis: ***Unknown***, ***Unpopulated*** e ***Withheld***. O valor *Unknown*, significa "*the correct value for the specific spatial object is not known to, and not computable by, the data provider. However, a correct value may exist*." O valor *Unpopulated*, significa "*the characteristic is not part of the dataset maintained by the data provider. However, the characteristic may exist in the real world*." O valor *Withheld* significa "*the characteristic may exist, but is confidential and not divulged by the data provider*" [36].

Figura 5-4: Classe *VoidReasonValue*. Adaptado de: INSPIRE (2014) [36].

Adicionalmente, os atributos também podem ser descritos através da sua multiplicidade, que indica o seu número de ocorrências no modelo de dados. O uso dos números, apresentados na *Tabela 5-2*, é também comumente utilizado para informar a obrigatoriedade dos valores. Os diagramas UML, apresentados no presente trabalho, compreendem estes valores, à exceção de que quando se trata de um valor obrigatório (não *voidable*) ou quando está implícita uma restrição de integridade, não é apresentada a multiplicidade.

Tabela 5-2: Valores de multiplicidade dos atributos.

Valores	Significado
1	Atributo obrigatório.
[1..*]	Atributo obrigatório que abrange apenas uma ocorrência.
[0..1]	Atributo opcional que abrange apenas uma ocorrência.
[0..*]	Atributo opcional que abrange várias ocorrências.

A subclasse *LegislationCitation* do tipo *data type* do GCM, especializada da superclasse *DocumentCitation*, uma das generalizações presente no modelo *Base Type 2* (*Figura 5-5*), descreve a legislação que define o objeto espacial. A informação é dada pelos seus atributos *identificationNumber*, *officialDocumentNumber*, *dateEnteredIntoForce*, *dateRepealed*, *level* e *journalCitation*, juntamente com os atributos que herda, *name*, *shortName*, *date*, *link* e *specificReference*. O *journalCitation* é do tipo *OfficialJournalInformation*, que se trata de outra classe do tipo *data type*, que também envolverá os seus atributos, *officialJournalIdentification*, *ISSN*, *ISBN* e *linkToJournal*. A restrição de integridade presente é: "*If the link attribute is void, the journal citation shall be provided: link: not Empty or journalCitation: notEmpty*" [3]. O atributo *name* do tipo *character string*, indica o nome do documento legal. O atributo *shortName* do tipo *character string*, indica o nome abreviado ou alternativo do documento legal. O atributo *date* do tipo *CI_Date*, indica a data de criação, de publicação ou de revisão do documento legal. O tributo *link* do tipo URL, indica a ligação que encaminha para a versão na internet do documento legal. O atributo *specificReference* do tipo *character string*, identifica um excerto específico do documento legal. O atributo *identificationNumber* do tipo *character string*, identifica o código de identificação do documento legal. O atributo *officialDocumentNumber* do tipo *character string*, identifica o número oficial exclusivo do instrumento legislativo. O atributo *dateEnteredIntoForce* do tipo *TM_Position*, indica a data em que o documento legal entrou em vigor. O atributo *dateRepealed* do tipo *TM_Position*, indica a data de revogação do documento legal. O atributo *level* do tipo *LegislationLevelValue* (*code list*), identifica o nível em que o instrumento legislativo é adotado. O atributo *officialJournalIdentification* do tipo *character string*, identifica em que parte da comunicação legal o instrumento legislativo foi publicado, esta informação deverá ser composta pelo título do documento legal, número do volume/ série e paginação. O atributo *ISSN* do tipo *character string*, indica o número de série da publicação periódica em que o instrumento legislativo foi publicado. O atributo *ISBN* do tipo *character string*, indica o número do livro em que o instrumento legislativo foi publicado. O atributo *linkToJournal* do tipo URL, indica a ligação que encaminha para a versão na internet da comunicação legal.

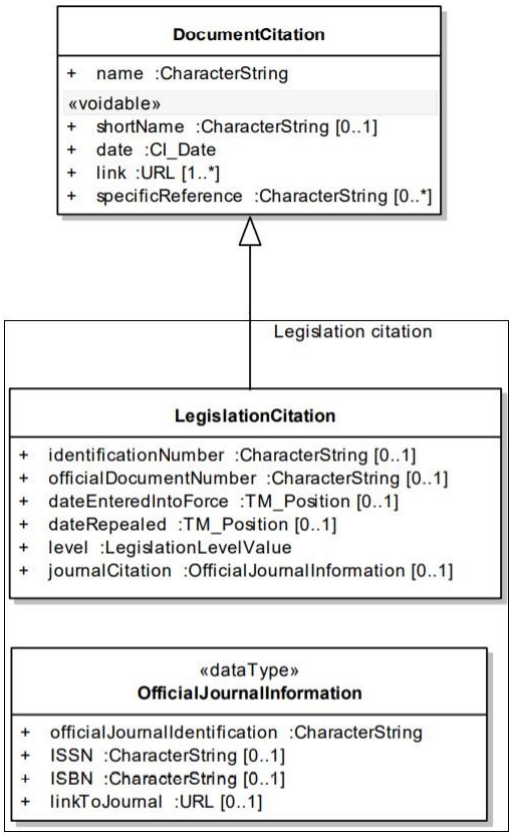


Figura 5-5: Classe *LegislationCitation*. Adaptado de: INSPIRE (2014) [36].

A classe *RelatedParty* do tipo *data type* do GCM *Base Type 2*, identifica a entidade responsável envolvida numa função/ responsabilidade relacionada a um recurso (*Figura 5-6*). A informação é dada pelos atributos *individualName*, *organisationName*, *positionName*, *contact* e *role* que consistem na indicação do nome individual, do nome da organização, do cargo, dos contactos e da função da entidade. O atributo *role* é do tipo *PartyRoleValue* (*code list*). O atributo *Contact* trata-se de outra classe do tipo *data type* (*Figura 5-6*), significa que os seus atributos também serão incluídos: *address*, *contactInstructions*, *electronicMailAddress*, *hoursOfService*, *telephoneFacsimile*, *telephoneVoice*, *website*. O atributo *address* do tipo *AddressRepresentation* (*data type*), indica a morada de acordo com os atributos da respetiva classe. O atributo *contactInstructions* do tipo *PT_FreeText*, presta as indicações de como se deverá entrar em contacto com a entidade. O atributo *electronicMailAddress* do tipo *character string*, indica o endereço eletrónico da entidade. O atributo *hoursOfService*, do tipo *PT_FreeText*, indica o horário de atendimento. O atributo *telephoneFacsimile* do tipo *character string*, indica o número de fax da entidade. O atributo *telephoneVoice* do tipo *character string*, indica o contacto telefónico da entidade. O atributo *website* do tipo URL, indica o sítio de internet da entidade. A restrição de integridade presente é "*individual, organisation or position name shall be provided. individualName: not Empty or organisation Name: not Empty or position Name: not Empty*" [36].

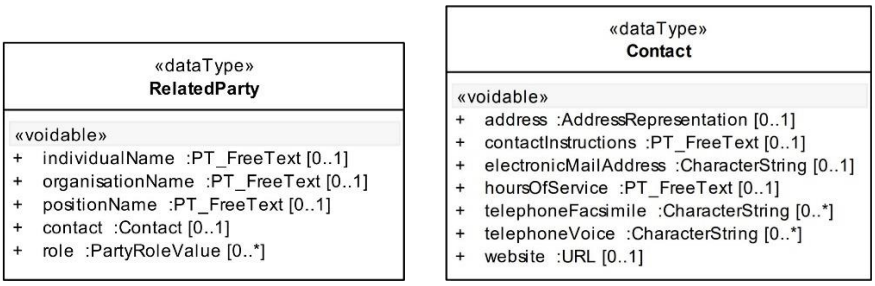


Figura 5-6: Classes *RelatedParty* e *Contact*. Adaptado de: INSPIRE (2014) [36].

Neste seguimento, as classes *AddressRepresentation* e *GeographicalName* dos modelos de dados alvo dos temas Endereços (*Theme Addresses*, AD) e Toponímia (*Theme Geographical Names*, GN) do anexo I da Diretiva INSPIRE (*Figura 5-7*) também serão incluídas. A classe *AddressRepresentation* traduz-se na representação legível das informações básicas de endereços, a sua materialização deverá ser conforme o documento *D2.8.I.5 INSPIRE Data Specification on Addresses – Guidelines* [37] e a classe *GeographicalName* traduz-se na representação legível da denominação das localizações geográficas, devendo a sua materialização ser conforme com as especificações no documento *D2.8.I.3 Data Specification on Geographical Names – Technical Guidelines* [38].

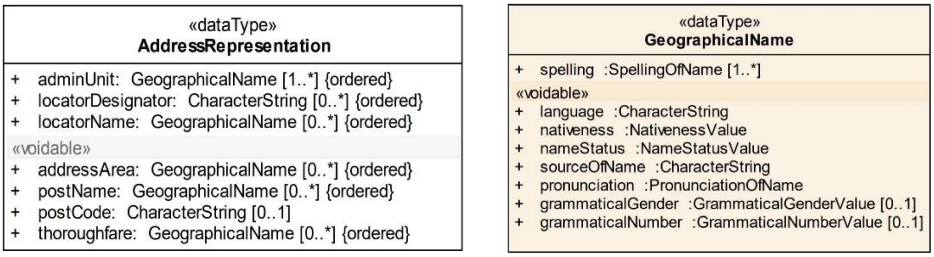


Figura 5-7: Classes *AddressRepresentation* e *GeographicalName*. Adaptado de: INSPIRE [37] e [38].

A *Tabela 5-3* lista os dados, agrupados por tipo, do modelo do tema EF. O modelo de dados é composto por informações alusivas aos objetos geográficos, associações, listas de códigos e camadas de instalações, redes e programas de monitorização do ambiente.

Tabela 5-3: Composição do modelo de dados alvo do tema EF.

Tipo	Dados
a) ***association class*:**	*Network Facility*, *Any Domain Link* e *Hierarchy*.
b) ***feature type class*:**	*Abstract Monitoring Object* (AMO), *Abstract Monitoring Feature* (AMF), *Environmental Monitoring Programme* (EMP), *Environmental Monitoring Activity* (EMA), *Environmental Monitoring Network* (EMN), *Environmental Monitoring Facility* (EMF), *Operational Activity Period*, *Observing Capability*
c) ***data type class*:**	*Report To Legal Act*
d) ***code lists*:**	*Measurement Regime Value*, *Media Value*, *Process Type Value*, *Purpose Of Collection Value*, *Result Nature Value*, *Result Acquisition Source Value* e *Specialised EMF Type Value*.
e) ***layers*:**	*EF.EnvironmentalMonitoringFacilities*, *EF.EnvironmentalMonitoringNetworks*, *EF.EnvironmentalMonitoringProgrammes.*

A *Figura 5-8* ilustra parte do diagrama UML do modelo de dados do EF. Representa a generalização presente no modelo, que envolve as classes *feature type* AMO, AMF, EMF. A generalização significa que as subclasses herdam os atributos da superclasse AMO. A subclasse EMF trata-se da classe/ tabela central do modelo de dados. A visão geral do modelo de dados do EF é apresentada no Anexo B do presente trabalho.

A superclasse AMO é a tabela do modelo de dados que conterá a informação referente aos objetos do mundo real em que assenta a monitorização ambiental. A classe generaliza-se, podendo ser uma estação ou uma rede de monitorização (AMF) ou tratar-se de um programa de monitorização (EMP) (*Figura 5-9*). Os atributos que a compõem são ***inspireId***, ***name***, ***additionalDescription***, ***mediaMonitored***, ***legalBackground***, ***responsibleParty***, ***geometry***, ***onlineResource***, ***purpose***. O *inspireId* do tipo *Identifier* (*data type* do GCM *Base Type*), traduz-se no UID do objeto espacial, cuja composição é feita através dos atributos ***localId***, ***namespace*** e ***versionId***, à semelhança da classe *Identifier* (*Figura 5-3*). O atributo *name* do tipo *character string*, informa qual a denotação do objeto espacial. O atributo *additionalDescription* do tipo *character string*, descreve outras informações que não se enquadram nos restantes atributos. O atributo *mediaMonitored* do tipo *MediaValue* (*code list*), identifica qual o meio ambiental alvo de monitoração. O atributo *legalBackground* do tipo *LegislationCitation* (*object type* do GCM *Base Type* 2), identifica qual o contexto jurídico que define a gestão e regulamentação do AMO. O atributo *responsibleParty* do tipo *RelatedParty* (*data type* do GCM *Base Type* 2), identifica a entidade responsável pelo AMO. O atributo *geometry* do tipo *GM_Object*, traduz-se na geometria associada ao objeto espacial. Quando a instalação é móvel, a geometria representa a área alvo de monitorização. O atributo *onlineResource* do tipo URL, disponibiliza uma ligação que encaminhará para um local externo (sítio de internet) com mais informações sobre o objeto espacial. O atributo *purpose* do tipo *PurposeOfCollectionValue* (*code list*), identifica em que âmbito foi concebido o AMO. As funções de associação são ***observingCapability***, ***broader***, ***narrower***, ***supersedes***, ***supersededBy*** que permitem a ligação com a classe *feature type Observing Capability* (*Figura 5-11*) e as classes abstratas *Hierarchy* e *Genealogy* (*Figura 5-8*).

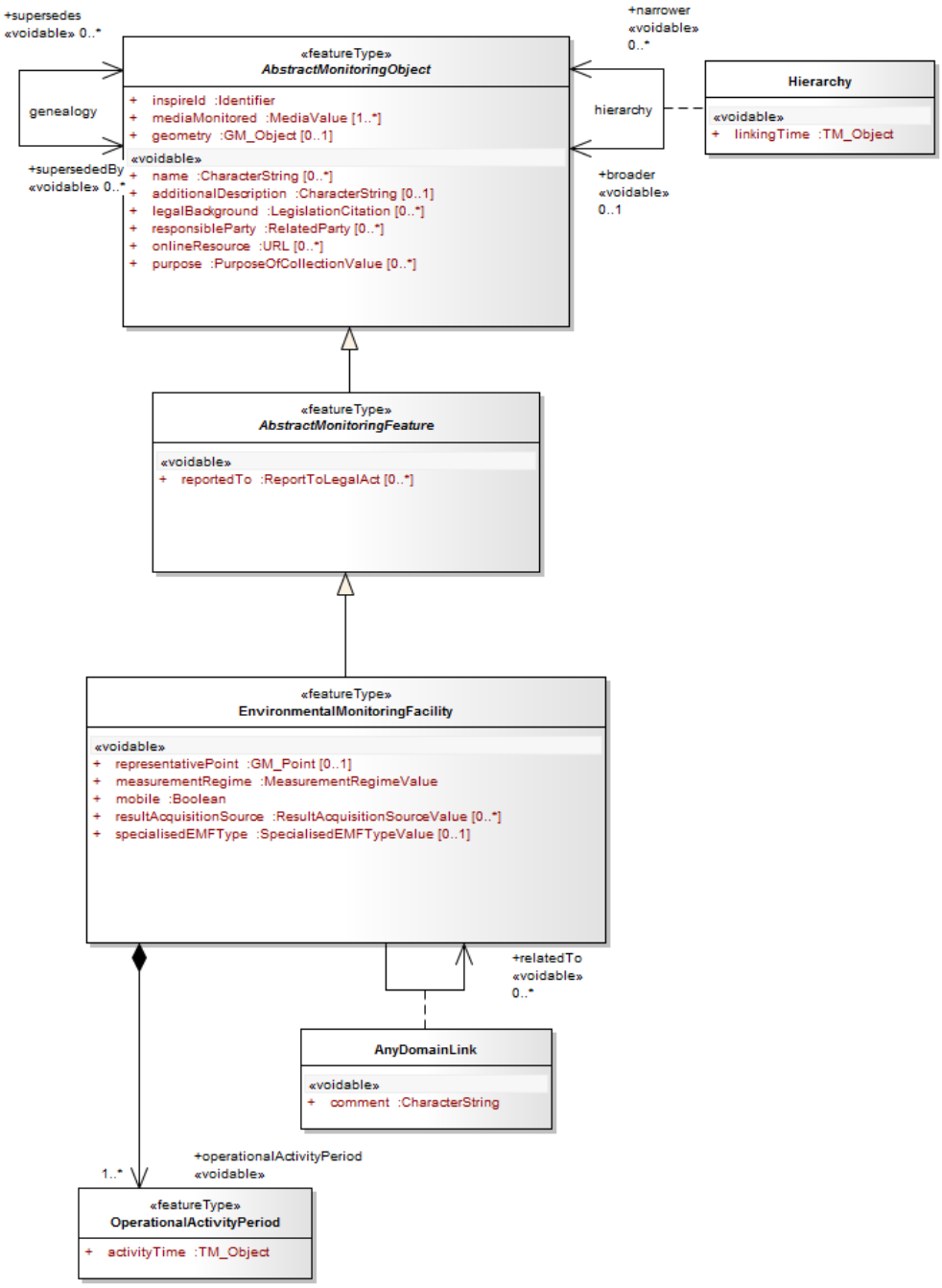


Figura 5-8: Generalização da superclasse AMO para EMF. Fonte: INSPIRE [3].

As associações *Hierarchy* e *Genealogy* (*Figura 5-8*) juntamente com a subclasse EMF completam a informação sobre as instalações de monitorização. O motivo pelo qual parte da informação das instalações se encontram nestas relações do modelo, deve-se ao facto de os respetivos atributos serem partilhados pelas outras classes presentes no modelo de dados do EF. A classe associação *Hierarchy* traduz-se na hierarquia que poderá existir entre as instalações sendo possível descrevê-las em vários níveis de detalhe, uma vez que podem ser fixas, móveis ou ligadas a outras, inclusive, uma instalação pode ser composta por vários objetos ou por uma plataforma que aloja sensores ou outros equipamentos de medição. Deste modo, o modelo de dados permite criar uma hierarquia recursiva entre as instalações através da modelação dos atributos ***narrower*** e ***broader*** (*voidables*) que irá refletir-se na associação *hierarchy*. No caso de instalações que tenham partes móveis, a ligação hierárquica pode ser alterada. Numa situação em que se muda um objeto de

uma instalação, para uma plataforma de outra instalação, depreende-se dois períodos de ligação. O tempo de ligação dos objetos às instalações é dado pelo atributo ***linkingTime*** do tipo *TM_Object*. A associação *Genealogy* traduz-se nas substituições que poderão ter ocorrido nas instalações, uma vez que podem deixar de estar operacionais e necessitem de ser substituídas por outras, o modelo permite descrever a genealogia que existiu, registando a respetiva informação através da modelação dos atributos ***supersedes*** e ***supersedesBy*** (*voidables*), com o objetivo de permitir que as observações provenientes das instalações possam ser interpretadas continuamente através de séries temporais.

A subclasse AMF traduz-se nas instalações de monitorização do ambiente existentes no mundo real, podendo ser as redes (EMN) ou as instalações (EMF). O documento jurídico que estabelece a instalação é identificado pelo atributo ***reportedTo***. A função de associação ***involvedIn*** estabelece a ligação à atividade a que o recurso pertence (EMA). A função ***hasObservation*** estabelece a ligação às observações das emissões, do estado ambiental, entre outros parâmetros do ecossistema impostos pelas autoridades públicas (classe *feature type* ***observation::OM_Observation***) (*Figura 5-11*).

A subclasse EMF é a tabela que conterá a informação referente às instalações georreferenciadas, que recolhem e processam dados diretamente sobre os objetos espaciais, cujas propriedades são observadas e medidas repetidamente. Os atributos que a compõem são: ***representativePoint***, ***measurementRegime***, ***mobile***, ***resultAcquisitionSource***, ***specialisedEMFType***. O atributo *representativePoint* do tipo *GM_Point*, traduz-se na representação da localização das instalações, de forma simplificada no contexto temático. A restrição de integridade presente é *GeometryRequired: "Geometry and representativePoint cannot both be empty*" [3]. O atributo *measurementRegime* do tipo *MeasurementRegimeValue* (*code list*), identifica qual o tipo de regime aplicado à monitorização. O atributo *mobile* do tipo *boolean*, indica se a instalação é móvel no processo de aquisição da observação. O atributo *resultAcquisitionSource* do tipo *ResultAcquisitionSourceValue* (*code list*), identifica qual a categoria da fonte de aquisição dos resultados. O atributo *specialisedEMFType* do tipo *SpecialisedEMFTypeValue* (*code list*), identifica qual a categoria da instalação normalmente utilizada pelo âmbito e país. As funções de associação presentes são *operationalActivityPeriod*, *relatedTo* (*Figura 5-8*) e *belongsTo* (*Figura 5-10*).

A classe associação *AnyDomainLink* traduz-se nas importantes ligações que possam ou devam existir entre instalações dado ao seu relacionamento, mas não no âmbito hierárquico ou genealógico. Uma ligação importante reflete-se na complementarização de informação, a partir da ligação entre duas instalações, e.g., uma instalação de monitorização da quantidade de água está relacionada com a instalação de monitorização da qualidade da água a montante. A modelação destas ligações é realizada através da função de associação ***relatedTo*** a partir da subclasse EMF. Desta forma, as autoridades públicas podem interligar as instalações de acordo com as necessidades da sua instituição e a respetiva informação será dada pelo atributo ***comment*** do tipo *character string*.

A classe *feature type OperationalActivityPeriod* traduz-se no período de atividade operacional das instalações. Nela, vai constar a informação do período durante o qual estiveram em funcionamento. A modelação é realizada através da função de associação ***operationalActivityPeriod*** a partir da subclasse EMF e a informação é dada pelo atributo ***activityTime*** do tipo *TM_Object*.

A *Figura 5-9* ilustra outra parte do diagrama UML do modelo de dados do EF. Outras associações presentes no modelo de dados envolvem as classes *feature type* AMF, EMA e EMP. A referência à superclasse AMO no canto superior direito das classes AMF e EMP identifica a relação de generalização existente no modelo de dados.

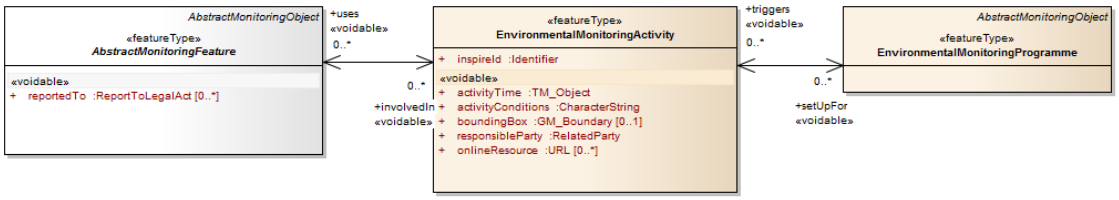


Figura 5-9: Classes AMF, EMA e EMP. Fonte: INSPIRE [3].

A classe EMA é a tabela que conterá a informação referente aos conjuntos de redes (EMN) ou de instalações (EMF), relativo a um período, área e finalidade. As informações recolhidas poderão ser alusivas às várias fases de um programa de monitoração do ambiente, que normalmente são de longo prazo. Os atributos que a compõem são o ***inspireId***, ***activityTime***, ***activityConditions***, ***boundingBox***, ***responsibleParty*** e ***onlineResource***. O *inspireId* do tipo *Identifier*, traduz-se mais uma vez no UID criado pela entidade responsável, igualmente composto por os atributos *localId*, *namespace* e *versionId*, à semelhança da classe *Identifier* (*Figura 5-3*). O atributo *activityTime* do tipo *TM_Object*, indica a duração da atividade (EMA). O atributo *activityConditions* do tipo *character string*, descreve o EMA. O atributo *boundingBox* do tipo *GM_Boundary*, identifica as áreas de incidência das atividades. O atributo *responsibleParty* do tipo *RelatedParty*, identifica a entidade responsável, composto por os respetivos atributos envolvidos (*Figura 5-6*). O atributo *onlineResource* do tipo URL, disponibiliza uma ligação que encaminhará para um documento externo com mais informações sobre a EMA. As funções de associação presentes nesta classe são: *uses* que estabelece uma ligação à classe AMF, identificando o conjunto de redes ou instalações envolvidas, e *setUpFor* que estabelece a ligação à subclasse EMP, identificando o programa para o qual a EMA está destacada.

A subclasse EMP é a tabela que conterá a informação referente à estrutura baseada nos documentos jurídicos que definem o objetivo das observações e/ ou da implantação das instalações de monitorização. Compreende a função de associação ***triggers*** que acionará o EMA.

A *Figura 5-10*, ilustra outra parte do diagrama UML do modelo de dados do EF. A relação ternária existente no modelo de dados do EF, envolve as subclasses da classe AMF: a EMF e EMN com a classe *Network Facility*. A subclasse EMN é a tabela que conterá a informação referente ao grupo administrativo ou organizacional das instalações de monitorização do ambiente, geridas para uma determinada área e finalidade. O funcionamento de cada rede implica regras comuns, parâmetros, métodos e regimes de medição obrigatórios, de forma a garantir a coerência das observações. A identificação do nível organizacional legal à qual a rede está afiliada é prestada pelo atributo ***organisationLevel*** do tipo *LegislationLevelValue* (*code list* do GCM *Base Type* 2). A sua função de associação ***contains*** do tipo EMF *spatial object type*, identifica a instalação incluída na rede de monitorização. A função de associação ***belongsTo***, da subclasse EMF, identifica a rede à qual a instalação pertence. Ambas as funções de associação poderão adicionalmente estabelecer uma ligação à classe *NetworkFacility*, que se traduz na ligação entre a EMF e a EMN. O tempo de ligação entre uma instalação e uma rede é dado através do atributo ***linkingTime*** do tipo *TM_Object*, à semelhança da classe associação *Hierarchy*.

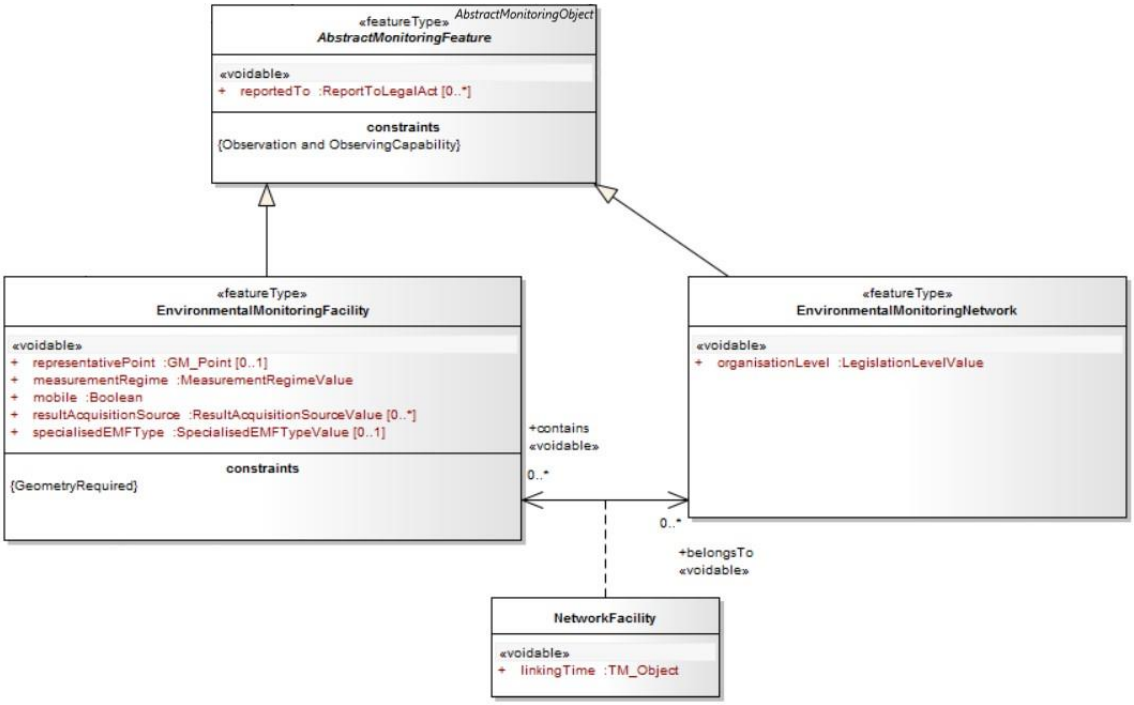


Figura 5-10: Relação ternária no modelo de dados do EF. Adaptado de: INSPIRE [3].

A *Figura 5-11*, ilustra outra parte do diagrama UML do modelo de dados do EF, nomeadamente a ligação existente entre os parâmetros e os resultados das observações realizadas a partir de propriedades específicas dos objetos do mundo real. Esta agregação, presente no modelo de dados do EF, está assente nas normas O&M e é imposta pela restrição de integridade na subclasse AMF, referindo-se às classes *OM_Observation* e *ObservingCapability*: *"If Observation(s) are attached to an AbstractMonitoringFeature this must have an ObservingCapability attached to it. The ObservingCapability must reference the same Domain, Phenomenon and ProcessUsed as the Observation:* ***hasObservation*** *not Empty* implies ***observingCapability*** *not Empty*" [9]. Por tal, ambas compreendem as funções de associação ***featureOfInterest, observedProperty*** e ***procedure***, que estabelecem uma ligação com as classes *feature type General Feature Instance::GFI_Feature*, *metaclass General Feature Model::GF_PropertyType* e *feature type observation::OM_Process*, as duas últimas pertencentes ao GCM *Observations***.** A função de associação *featureOfInterest* do tipo *GFI_Feature* (*spatial object type*), vai estabelecer uma ligação ao objeto do mundo real cujas propriedades são alvo da observação ou ao recurso que tirará a amostra do objeto do mundo real. A função de associação *observedProperty* do tipo *GF_PropertyType* (*spatial object type*), vai estabelecer uma ligação à propriedade observada/ medida pela AMO. A função de associação *procedure* do tipo *OM_Process* (*spatial object type*), vai estabelecer uma ligação ao processo que originou o resultado. O processo deverá ser consoante a propriedade observada cujos detalhes são limitados pelo procedimento utilizado.

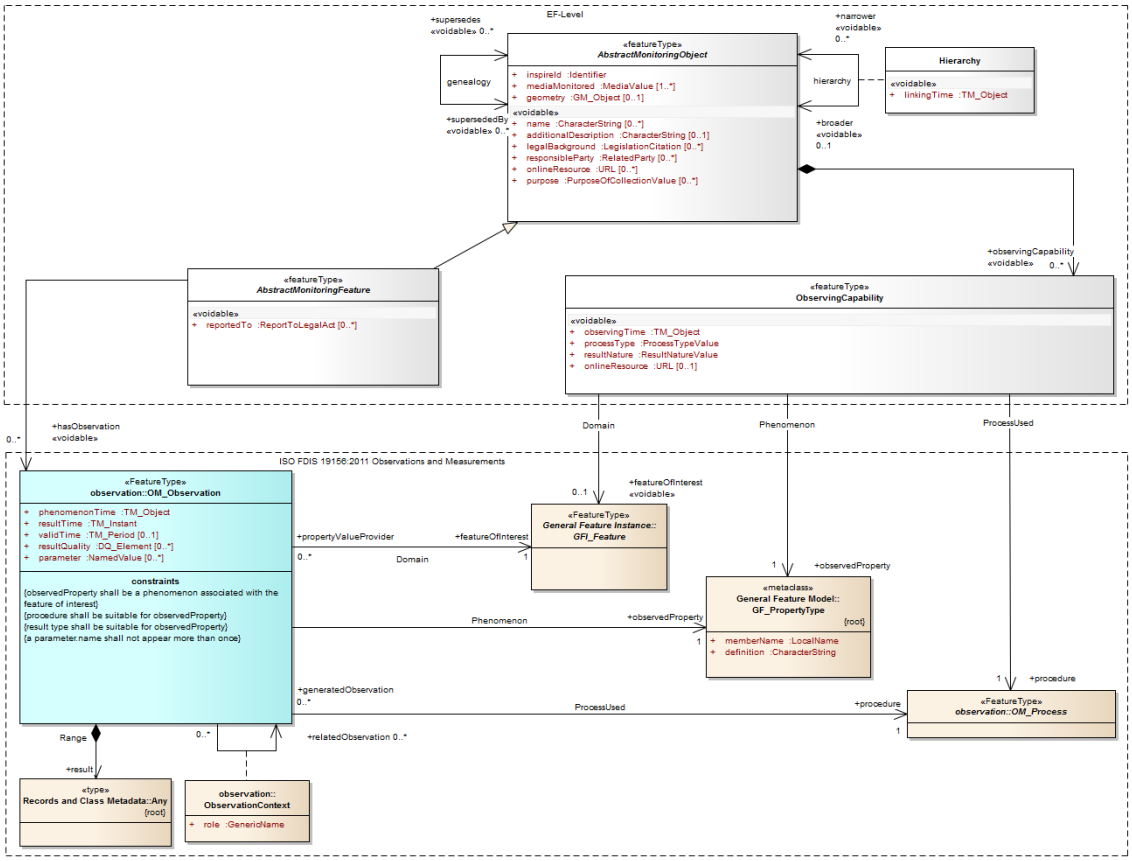


Figura 5-11: *ObservingCapability and link to OM_Observation*. Fonte: INSPIRE [3].

A classe *feature type ObservingCapability* traduz-se nos parâmetros da observação do recurso de monitorização do ambiente. A modelação é realizada através da função de associação ***observingCapability*** a partir da classe AMO. A informação é dada pelos atributos ***observingTime***, ***processType***, ***resultNature***, ***onlineResource***. O atributo ***observingTime*** do tipo *TM_Object*, indica o horário em que são realizadas as observações/ medições do AMO. O atributo *processType* do tipo *ProcessTypeValue* (*code list*), identifica qual o tipo de objeto que foi utilizado. O atributo *resultNature* do tipo *ResultNatureValue* (*code list*), indica o estado do resultado da observação. O atributo *onlineResource* do tipo URL, encaminha para um documento externo que conterá mais informações de outro modelo de dados de acordo com a norma O&M, para armazenar ou trocar observações e medições adquiridas.

A classe *feature type observation::OM_Observation* traduz-se na observação que resulta de uma característica do objeto espacial, que poderá levar à descoberta de dados, como também ao cálculo da qualidade dos dados. Estima-se o valor da característica através de um procedimento específico (sensor, instrumento, algoritmo ou outros processos). O procedimento pode ser a partir de vários tipos de instalações de monitorização ("*in situ*", remota ou "*ex situ*") em relação ao local de amostragem. O modelo de dados do EF permite que as observações de diferentes procedimentos sejam combinadas sem ambiguidade. A modelação é realizada através da função de associação ***hasObservation*** a partir da classe AMF e a informação é dada pelos atributos ***phenomenonTime***, ***resultTime***, ***validTime***, ***resultQuality***, ***parameter***. O atributo *phenomenonTime* do tipo *TM_Object*, indica o horário em que o resultado se aplica à característica observada. O atributo *resultTime* do tipo *TM_Instante*, indica quando é que o resultado ficou disponível, após a conclusão do procedimento. O atributo *validTime* do tipo *TM_Period*, indica o tempo durante o qual o resultado se destina a ser utilizado. O atributo *resultQuality* do tipo *DQ_Element*, indica a

qualidade das observações de um determinado procedimento. A qualidade de um resultado é avaliada com base na ISO 19114:2003 *Geographic information — Quality evaluation procedures* [39]. O atributo *parameter* do tipo *NamedValue*, indica o parâmetro de uma determinada ação realizada. Poderá ser um parâmetro ambiental, um parâmetro de amostragem, entre outros, que não está ligado à característica do objeto ou do procedimento. A restrição de integridade presente é: *"a parameter.name shall not appear more than once*" [3], de forma a evitar ambiguidade no modelo. As associações *Range* e *observation::ObservationContext* são estabelecidas através das funções de associação ***result*** e ***relatedObservation***. A ligação à classe *Records and Class Metadata::Any* consiste em estabelecer uma ligação ao resultado obtido pela observação, uma vez que poderá derivar de qualquer característica do objeto observado, sendo caracterizada como tipo *any*. A restrição de integridade presente nesta situação é: "*result type shall be suitable for observedProperty*" [3]. No âmbito da descrição de diferentes resultados de observações, os padrões a aplicar são do OGC´s *Sensor Web Enablement* (SWE) [40]. A associação *ObservationContext* traduz-se na dependência entre observações. A ligação entre observações realizada com a função de associação *relatedObservation* disponibilizará o contexto e auxiliará na compreensão do resultado. A informação da relação entre observações é dada pelo atributo *role* do tipo *GenericName*.

A classe *feature type General Feature Instance:: GFI_Feature* tem ligação às classes *OM_Observation* e *ObservingCapability* a partir da associação *Domain*, que se traduz no domínio em que a observação se insere e armazena a respetiva característica observada. A função de associação *propertyValueProvider* liga-a à informação do valor estimado da característica de uma determinada observação. A restrição de integridade presente é: "*hasObservation. OM_Observation. featureOfInterest = observingCapability. featureOfInterest*" [3].

A classe *metaclass General Feature Model::GF_PropertyType* tem ligação às classes *OM_Observation* e *ObservingCapability* a partir da associação *Phenomenon* que se traduz no fenómeno associado a uma determinada característica observada do objeto. A informação é dada pelos atributos ***memberName*** do tipo *LocalName* e ***definition*** do tipo *character string*. A respetiva propriedade poderá ter uma classificação semântica ou temática das observações para facilitar na descoberta e junção de dados. A restrição de integridade imposta na classe *OM_Observation* é: "*observedProperty shall be a phenomenon associated with the feature of interest*" e a imposta nas associações é: "*hasObservation. OM_Observation. observedProperty = observingCapability. observedProperty*" [3].

A classe *feature type observation::OM_Process* tem ligação às classes *OM_Observation* e *ObservingCapability* a partir da associação *ProcessUsed* que se traduz na ligação ao processo que foi utilizado para gerar o resultado. A restrição presente, imposta na classe *OM_Observation* é: "*procedure shall be suitable for observedProperty*" e a restrição de integridade nas associações é: "*hasObservation. OM_Observation. procedure = observingCapability. procedure*" [3].

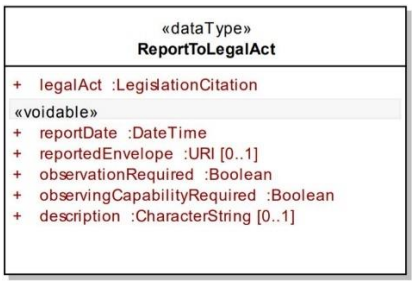


Figura 5-12: Classe *ReportToLegalAct*. Adaptado de: INSPIRE (2013) [9].

Implícito também no modelo de dados do EF, está a classe *ReportToLegalAct* do tipo *data type* (*Figura 5-12*) que se traduz no envolvimento do recurso de monitorização do ambiente, seja instalação ou rede, com os relatórios ambientais. A informação referente aos relatórios é dada pelos atributos ***legalAct***, ***reportDate***, ***reportedEnvelope***, ***observationRequired***, ***observingCapabilityRequired*** e ***description***. O atributo *legalAct* também do tipo *LegislationCitation object type* do GCM *Base Type 2* (como o atributo *legalBackground* da classe AMO), identifica o ato jurídico ao qual é relatado. O atributo *reportDate* do tipo *data time*, identifica a data da comunicação das informações. O atributo *reportedEnvelope* do tipo URI, encaminhará para o conjunto de dados relatados de acordo com a data no atributo *reportDate*. O atributo *observationRequired* do tipo *boolean*, indica, a necessidade ou não, de uma observação para as instalações/ redes. O atributo *observingCapabilityRequired* do tipo *boolean*, indica, a necessidade ou não, dos parâmetros da observação do recurso de monitorização ambiental. O atributo *description* do tipo *character string*, presta informações adicionais sobre os dados reais que foram alvo de comunicação.

5.2.1 Modelo de dados alvo: CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal

O processo de transformação envolveu o modelo *EnvironmentalMonitoringFacilities.xsd*, versão 4.0, modelando a informação que a APA dispõe no âmbito das instalações de monitorização do ambiente das águas balneares do país, para reportar à Diretiva INSPIRE. O CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal resume-se a uma camada do modelo de dados EF, *EF.EnvironmentalMonitoringFacilities*, centrando-se na subclasse EMF que herda os atributos das classes AMO e AMF, onde os respetivos valores introduzidos a cada um é da autoria da APA. A *Tabela 5-4* lista os dados, agrupados por tipo, que compõem o modelo.

Tabela 5-4: Composição do modelo de dados alvo do CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal.

Tipo	Dados
a) ***feature type class*:**	*Abstract Monitoring Object* (AMO), *Abstract Monitoring Feature* (AMF), *Environmental Monitoring Facility* (EMF).
b) ***data type class*:**	*Report To Legal Act*
c) ***code lists*:**	*Measurement Regime Value*, *Media Value*, *Purpose Of Collection Value*, *Specialised EMF Type Value*.
d) ***layers*:**	*EF.EnvironmentalMonitoringFacilities.*

A *Figura 5-13*, ilustra o diagrama UML simplificado do CDG harmonizado, dotado apenas de dados relativos às instalações com base na localização das águas balneares alvo de monitorização ambiental. Não possui informações relativamente a hierarquia, genealogia, atividades, programas, redes ou a observações e medições. No entanto, tais informações poderão futuramente ser introduzidas no modelo se a APA pretender, uma vez que a modelação das funções de associação foi realizada conforme a classe *VoidReasonValue* (*Figura 5-4*).

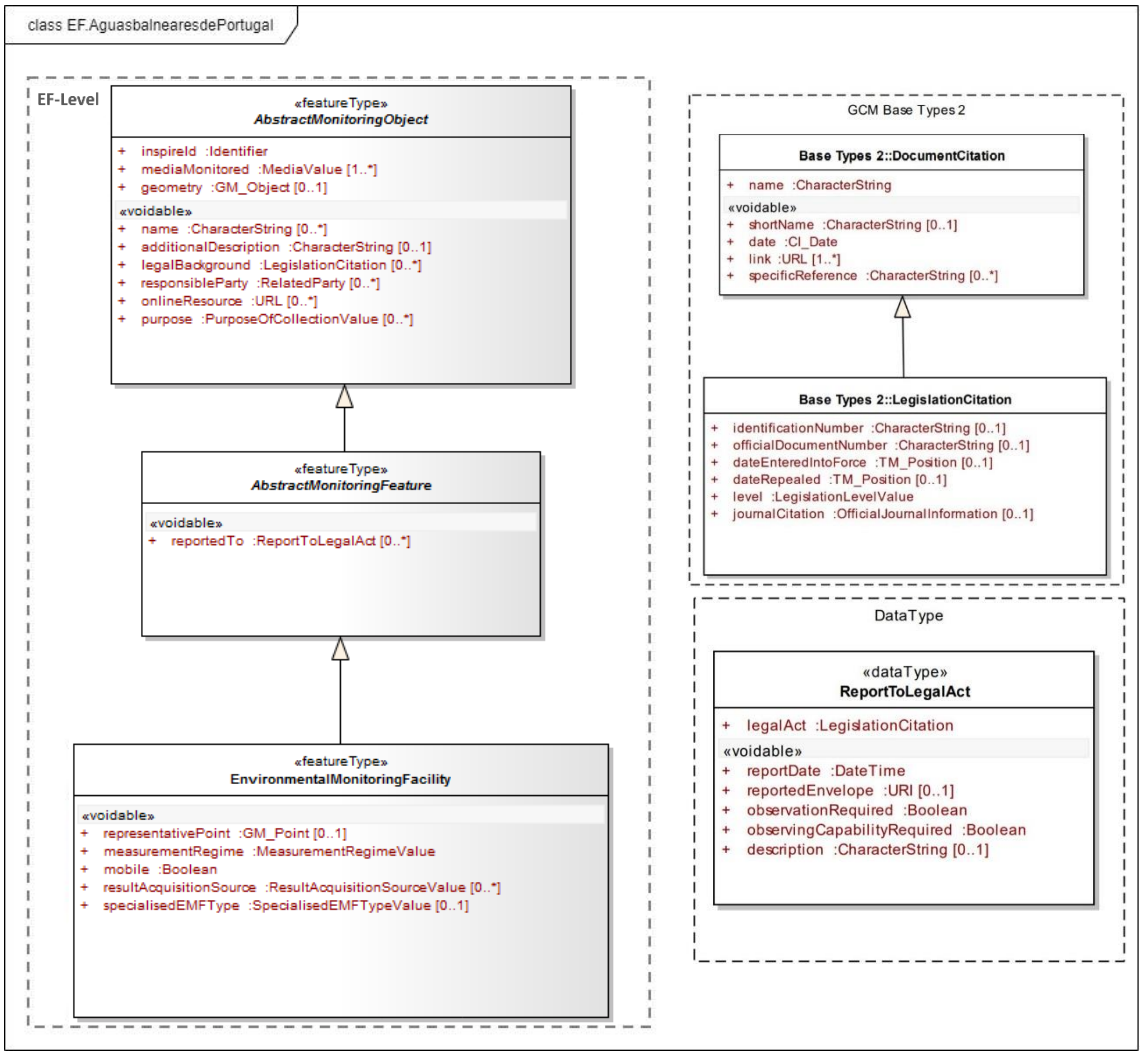


Figura 5-13: Diagrama UML do CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal. Adaptado de: INSPIRE (2013) [9].

Os atributos herdados da superclasse AMO, referem-se às águas balneares em que assentam as monitorizações ambientais da responsabilidade da APA. Deste modo, o modelo possui os atributos ***inspireId***, ***name***, ***additionalDescription***, ***mediaMonitored***, ***legalBackground***, ***responsibleParty***, ***onlineResource***, ***purpose***, os respetivos atributos envolvidos e as associações ***observingCapability***, ***broader***, ***narrower***, ***supersedes***, ***supersededBy***, listados na *Tabela 5-5*.

Tabela 5-5: Elementos presentes no CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal (1).

Classes	Elementos		
AMO	*inspireId**	*localId* *namespace* *versionId*	
	*mediaMonitored**		
	name		
	additionalDescription		
	legalBackground:	*name** *shortname* *date* *link* *specificReference* *identificationNumber* *officialDocumentNumber* *dateEnteredIntoForce* *dateRepealed* *level* *journalCitation*:	*officialJournalIdentification** *ISSN* *ISBN* *linkToJournal*
	responsibleParty:	*organisationName* *positionName* *role* *contact*:	*address* *contactInstructions* *electronicMailAddress* *hoursOfService* *telephoneFacsimile* *telephoneVoice* *website*
	onlineResource		
	purpose		
	observingCapability		
	broader		
	narrower		
	supersedes		
	supersededBy		

* atributo obrigatório.

Tabela 5-6: Elementos presentes no CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal (2).

Classes	Elementos			
AMF	*reportedTo*:	*legalAct**:	*name**	
			shortname	
			date	
			link	
			specificReference	
			identificationNumber	
			officialDocumentNumber	
			dateEnteredIntoForce	
			dateRepealed	
			level	
			reportDate	
			reportedEnvelope	
			observationRequired	
			observingCapabilityRequired	
			description	
			journalCitation:	*officialJournalIdentification**
				ISSN
				ISBN
				linkToJournal
	involvedIn			
	hasObservation			

* atributo obrigatório.

Os atributos herdados da subclasse AMF, referem-se ao documento jurídico que estabelece a monitorização da qualidade das águas balneares de Portugal. Deste modo, o CDG também possui o atributo ***reportedTo***, os respetivos atributos envolvidos e as associações ***involvedIn*** e ***hasObservation***, listados na *Tabela 5-6*.

Os atributos próprios da subclasse EMF referem-se à informação das instalações de monitorização georreferenciadas das águas balneares de Portugal. Estas instalações recolhem e processam dados diretamente sobre as águas balneares, cujas propriedades serão alvo de observação e medição, não incluídas no CDG. Deste modo, os elementos presentes também são os atributos ***representativePoint***, ***measurementRegime***, ***mobile***, ***resultAcquisitionSource***, ***specialisedEMFType***, ***operationalActivityPeriod*** e as associações ***relatedTo*** e ***belongsTo***, listados na *Tabela 5-7*.

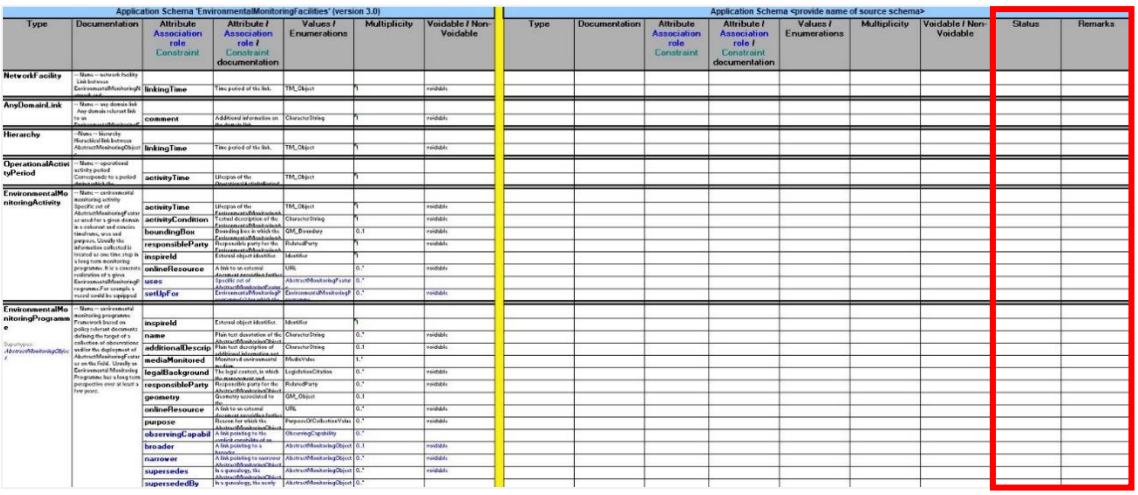
Tabela 5-7: Elementos presentes no CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal (3).

Classes	Elementos
EMF	*representativePoint*
	measurementRegime
	mobile
	resultAcquisitionSource
	specialisedEMFType
	operationalActivityPeriod
	relatedTo
	belongsTo

5.3 Tabela de correspondência

A tabela de correspondência consiste em identificar e descrever os elementos do modelo de dados alvo e estabelecer a correspondência destes aos atributos do modelo de dados fonte. O seu preenchimento serve de auxílio no processo de harmonização do CDG e para a documentação do mapeamento a realizar numa aplicação informática de transformação.

O descarregamento das tabelas de correspondências de cada tema INSPIRE é realizado no índice de modelos de dados aprovados: https://inspire.ec.europa.eu/data-model/approved/r4618-ir/mapping/. Uma vez descarregada a tabela pretendida e importada para uma folha de cálculo é possível constatar que o lado esquerdo da tabela se refere ao modelo de dados alvo e o lado direito, se destina ao modelo de dados fonte. As classes presentes no modelo de dados são listadas e as respetivas informações são dadas em colunas. Desde modo, consegue-se ter uma visão geral do modelo de dados e dos elementos a mapear, mas o preenchimento requer o conhecimento prévio das DS e a visualização do diagrama UML do modelo de dados alvo. Ambos os lados da tabela de correspondência compreendem as colunas *Type*, *Documentation*, *Attribute Association role Constraint*, *Attribute/ Association role/ Constraint documentation*, *Values/ Enumerations*, *Multiplicity*, *Voidable*/ *Non-Voidable*, à exceção do lado direito (modelo de dados fonte) que compreende duas colunas adicionais, *Status* e *Remarks*, tal como ilustrado da *Figura 5-14*.



Application Schema 'EnvironmentalMonitoringFacilities' (version 3.0)							Application Schema <provide name of source schema>								
Type	Documentation	Attribute Association role Constraint	Attribute / Association role / Constraint documentation	Values / Enumerations	Multiplicity	Voidable / Non-Voidable	Type	Documentation	Attribute Association role Constraint	Attribute / Association role / Constraint documentation	Values / Enumerations	Multiplicity	Voidable / Non-Voidable	Status	Remarks
NetworkFacility	– Name – network facility Link between EnvironmentalMonitoringFacilities and	linkingTime	Time period of this link.	TM_Object	1	+voidable									
AnyDomainLink	– Name – any domain link Any domain relevant link to an EnvironmentalMonitoringFacilities	comment	Additional information on the domain link	CharacterString	1	+voidable									
Hierarchy	– Name – hierarchy Hierarchical link between AbstractMonitoringObject	linkingTime	Time period of this link.	TM_Object	1	+voidable									
OperationalActivityPeriod	– Name – operational activity period Corresponds to a period [illegible]	activityTime	Lifespan of the OperationalActivityPeriod	TM_Object	1										
EnvironmentalMonitoringActivity	– Name – environmental monitoring activity Specific set of AbstractMonitoringFacilities and for a given domain in a coherent and concise timeframe, area and purpose. Usually the information collected is treated as one time step in a long term monitoring programme. It is a concrete realisation of a given Environmental Monitoring Programme. For example a vessel could be equipped	activityTime	Lifespan of the EnvironmentalMonitoringActivity	TM_Object	1	+voidable									
		activityCondition	Further description of the EnvironmentalMonitoringActivity	CharacterString	1	+voidable									
		boundingBox	Bounding box in which the EnvironmentalMonitoringActivity	GM_Envelope	0..1	+voidable									
		responsibleParty	Responsible party for the EnvironmentalMonitoringActivity	ResponsiblePartyPropertyType	1	+voidable									
		inspireId	External object identifier	Identifier	1										
		onlineResource	A link to an external description of the EnvironmentalMonitoringActivity	URL	0..*	+voidable									
		uses	Specifies an AbstractMonitoringObject used in the EnvironmentalMonitoringProgramme	AbstractMonitoringFacilityPropertyType	0..*										
		setUpFor	Specifies the EnvironmentalMonitoringFacilities which are to be equipped with the EnvironmentalMonitoringActivity	EnvironmentalMonitoringFacilityPropertyType	0..*	+voidable									
EnvironmentalMonitoringProgramme	– Name – environmental monitoring programme Framework based on policy relevant documents defining the target of a collection of observations within the deployment of AbstractMonitoringFacilities on the field. Usually an Environmental Monitoring Programme has a long term perspective over at least a few years. Supertypes: AbstractMonitoringObject	inspireId	External object identifier	Identifier	1										
		name	Plain text description of the AbstractMonitoringObject	CharacterString	0..*	+voidable									
		additionalDescription	Plain text description of additional information not	CharacterString	0..1	+voidable									
		mediaMonitored	Monitored environmental media	MediaValue	1..*										
		legalBackground	The legal context, in which the environmental	LegislationCitation	0..*	+voidable									
		responsibleParty	Responsible party for the AbstractMonitoringObject	ResponsiblePartyPropertyType	0..*	+voidable									
		geometry	Geometry associated to the	GM_Object	0..1										
		onlineResource	A link to an external description of the	URL	0..*	+voidable									
		purpose	Reason for which the AbstractMonitoringObject	PurposeOfCollectionValue	0..*	+voidable									
		observingCapability	A link pointing to the related capabilities of an	ObservingCapability	0..*										
		broader	A link pointing to a broader	AbstractMonitoringObjectPropertyType	0..1	+voidable									
		narrower	A link pointing to narrower	AbstractMonitoringObjectPropertyType	0..*	+voidable									
		supersedes	A link pointing to AbstractMonitoringObject	AbstractMonitoringObjectPropertyType	0..*	+voidable									
		supersededBy	A link pointing to AbstractMonitoringObject	AbstractMonitoringObjectPropertyType	0..*										

Figura 5-14: Colunas *Status* e *Remarks* na tabela de correspondência do tema EF.

A coluna *Type* lista as classes que o modelo de dados alvo compreende e identifica as superclasses a que pertencem, permitindo a identificação das generalizações no modelo de dados. A coluna *Documentation* documenta a informação sobre cada classe. A coluna *Attribute Association role Constraint* lista os atributos, as funções de associação e as restrições de integridade presentes no modelo de dados. As funções de associação são apresentadas na cor azul e as restrições de integridade na cor verde. A coluna *Attribute/ Association role/ Constraint documentation* documenta a informação sobre os atributos, as funções de associação e as restrições de integridade. A coluna *Values/ Enumerations* identifica o tipo de cada atributo e função de associação e as listas de códigos a que o modelo de dados recorre. A coluna *Multiplicity*, indica a multiplicidade dos atributos, valores estes explicados na *Secção 5.2* (*Tabela 5-2*). O atributo *Voidable*/ *Non-Voidable* indica a condição dos atributos, que se reflete nos atributos que poderão conter valores ausentes no modelo de dados e nesses casos compreende os valores também

descritos na *Secção 5.2* (*Figura 5-4*). A coluna *Status* indica o estado de cada atributo e função de associação, os valores com que deve ser preenchida estão apresentados na *Tabela 5-8*. A coluna *Remarks* deverá ser preenchida com informações relevantes para o mapeamento, principalmente com as operações de transformação nos casos em que o estado for *Easy* ou *Difficult*.

Tabela 5-8: Valores para a coluna *Status* da tabela de correspondência. Adaptado de: Zuna (2016) [20].

Status values	**Significado**
1:1	Correspondência entre atributos
Easy	Envolve processamento
Difficult	Envolve processamento difícil de executar
Not available	O atributo não consta no *source schema*

5.3.1 Tabela de correspondência do CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal

No âmbito do processo de harmonização do CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal, a tabela de correspondência permitiu documentar os valores dos elementos do modelo de dados e as operações utilizadas no FME e no HALE. Uma vez que a componente prática do presente projeto recorreu a duas aplicações, foram adicionadas duas colunas *Remarks*, ilustrado na *Figura 5-15*. Identificou-se a ausência do atributo ***hasObservation*** pertencente à classe AMF, pelo que o mesmo também foi adicionado. Para além dos demais elementos do modelo de dados alvo, também se constatou, para a informação ficar completa, a necessidade de acrescentar os atributos referente ao GML que seria produzido, nomeadamente, ***gml_id, gml_name, gml_identifier, gml_identifier.codeSpace, gml_description***. Os atributos *gml_id* e *gml_name* traduzem-se no UID e no nome de cada objeto espacial no GML, respetivamente. Os atributos *gml_identifier* e *gml_identifier.codeSpace* traduzem-se na identificação do espaço de código onde o código está armazenado. O atributo *gml_description* traduz-se na descrição do CDG.

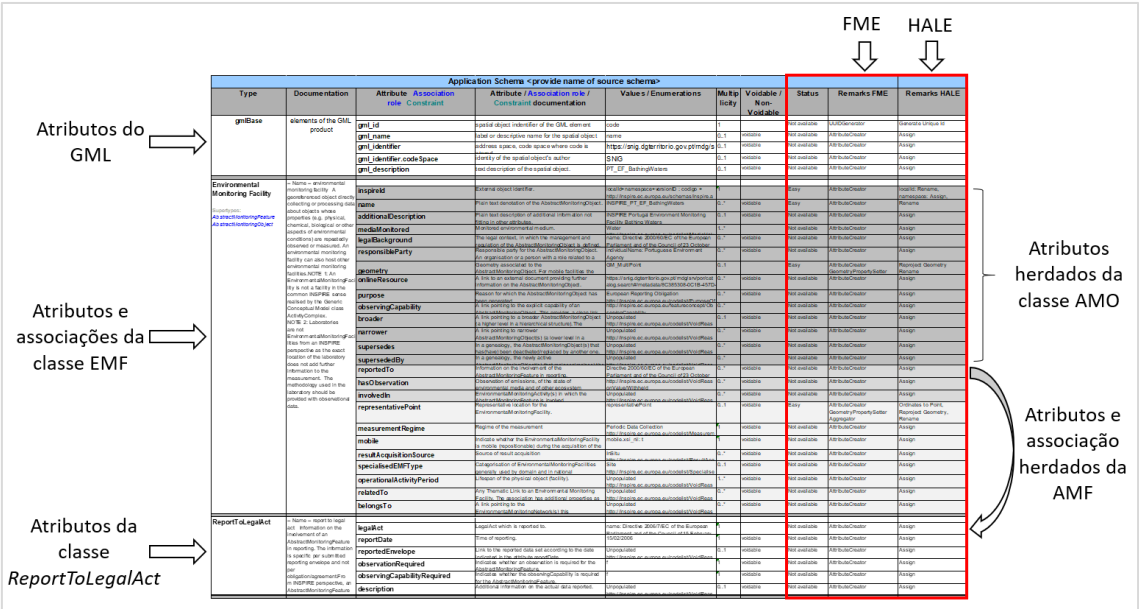


Figura 5-15: Tabela de correspondência do CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal.

5.4 Casos de inspiração

O desenvolvimento da componente prática do presente projeto incluiu a exploração de trabalhos práticos de outros EM no âmbito da harmonização conforme a Diretiva INSPIRE. O presente capítulo tem como objetivo apresentar uma breve descrição e reflexão dos principais casos que serviram de orientação para o presente projeto, uma vez que os CDG do LUX e da AT se inserem igualmente do tema EF e os respetivos ficheiros foram disponibilizados.

5.4.1 Luxemburgo

Um dos casos práticos que serviu como suporte de orientação foi o EF.EnvironmentalMonitoringFacility_age_quality_of_bathing_water.gml, do LUX. Trata-se do CDG harmonizado referente à qualidade da idade das águas balneares do LUX que também se insere no tema EF. O respetivo documento XML (versão completa em https://data.public.lu/en/datasets/inspire-annex-iii-theme-environmental-monitoring-facilities-environmentalmonitoringfacility-age-quality-of-bathing-water-2/) permite ter uma visão geral do seu modelo de dados, nomeadamente identificar as classes envolvidas, os atributos e associações utilizados.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<gml:FeatureCollection xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2" xmlns:ad="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/ad/4.0"
xmlns:au="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/au/4.0" xmlns:base="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/base/3.3"
xmlns:base2="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/base2/2.0" xmlns:bu-base="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/bu-base/4.0"
xmlns:cp="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/cp/4.0" xmlns:ef="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/ef/4.0" xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco"
xmlns:gmd="http://www.isotc211.org/2005/gmd" xmlns:gn="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/gn/4.0" xmlns:gsr="http://www.isotc211.org/2005/gsr"
xmlns:gss="http://www.isotc211.org/2005/gss" xmlns:gts="http://www.isotc211.org/2005/gts" xmlns:net="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/net/4.0"
xmlns:om="http://www.opengis.net/om/2.0" xmlns:sc="http://www.interactive-instruments.de/ShapeChange/AppInfo"
xmlns:tn="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/tn/4.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
gml:id="id4a330a18-0eca-4e9f-936c-4a94063c970a"
xsi:schemaLocation="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/ef/4.0 http://inspire.ec.europa.eu/schemas/ef/4.0/EnvironmentalMonitoringFacilities.xsd
http://www.opengis.net/gml/3.2 http://schemas.opengis.net/gml/3.2.1/gml.xsd http://inspire.ec.europa.eu/schemas/base/3.3
http://inspire.ec.europa.eu/schemas/base/3.3/BaseTypes.xsd http://www.isotc211.org/2005/gmd http://schemas.opengis.net/iso/19139/20070417/gmd/gmd.xsd">
   <gml:boundedBy>
      <gml:Envelope srsName="http://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/3035" srsDimension="2">
         <gml:lowerCorner>2937310.531861564 4022855.459761921</gml:lowerCorner>
         <gml:upperCorner>3010485.8313660645 4057487.232517567</gml:upperCorner>
      </gml:Envelope>
   </gml:boundedBy>
   <gml:featureMember>
      <ef:EnvironmentalMonitoringFacility gml:id="age_quality_of_bathing_water.10">
         <gml:description>age_quality_of_bathing_water</gml:description>
         <gml:identifier codeSpace="http://inspire.ec.europa.eu/ids">http://catalog.inspire.geoportail.lu/geonetwork/dataset/22170235-2942-4279-B036-
0DEBA015C721#age_quality_of_bathing_water.10</gml:identifier>
```

Localização dos esquemas envolvidos

Atributos do GML

Figura 5-16: Elementos presentes no modelo de dados do LUX (1).

O ficheiro EF.EnvironmentalMonitoringFacility_age_quality_of_bathing_water.gml auxiliou na compreensão de algumas informações que o processo de harmonização do presente trabalho de projeto requeria, nomeadamente os pares dos esquemas envolvidos e o exemplo de atributos do GML. A *Figura 5-16* identifica a localização das respetivas informações, sendo a localização dos esquemas envolvidos dada pelo elemento ***xsi:schemaLocation*** e os atributos do GML que o LUX aplicou se encontram no início da subclasse EMF, ***gml:id***, ***gml:description***, ***gml:identifier***.

```
         <ef:inspireId>
            <base:Identifier>
               <base:localId>age_quality_of_bathing_water.10</base:localId>
               <base:namespace>http://catalog.inspire.geoportail.lu/geonetwork/dataset/22170235-2942-4279-B036-0DEBA015C721#</base:namespace>
            </base:Identifier>
         </ef:inspireId>
         <ef:additionalDescription>Quality of bathing water : excellent</ef:additionalDescription>
         <ef:mediaMonitored xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/MediaValue/water" />
         <ef:legalBackground>
            <base2:LegislationCitation gml:id="legalBackground.age_quality_of_bathing_water.10">
               <base2:name>Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water
quality and repealing Directive 76/160/EEC</base2:name>
               <base2:date xsi:nil="true" />
               <base2:link>http://data.europa.eu/eli/dir/2006/7/oj</base2:link>
               <base2:identificationNumber>2006/7/CE</base2:identificationNumber>
               <base2:dateEnteredIntoForce>24/03/2006</base2:dateEnteredIntoForce>
               <base2:level xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LegislationLevelValue/european" />
            </base2:LegislationCitation>
         </ef:legalBackground>
         <ef:responsibleParty>
            <base2:RelatedParty>
               <base2:organisationName>
                  <gco:CharacterString>Administration de la gestion de l'Eau</gco:CharacterString>
               </base2:organisationName>
            </base2:RelatedParty>
         </ef:responsibleParty>
```

AMO

Figura 5-17: Elementos presentes no modelo de dados do LUX (2).

O XML do caso do LUX permite compreender que o modelo de dados harmonizado também se resume apenas à camada *EF.EnvironmentalMonitoringFacilities*. Os elementos que compõem o modelo de dados herdados da superclasse AMO, nomeadamente ***inspireId***, ***additionalDescription***, ***mediaMonitored***, ***legalBackground*** e ***responsibleParty*** estão ilustrados na *Figura 5-17*. O atributo e associação utilizados, herdados da subclasse AMF, ***reportedTo*** e ***hasObservation***, e os atributos e a associação utilizados que pertencem à própria subclasse EMF, ***representativePoint***, ***measurementRegime***, ***mobile***, ***operationalActivityPeriod*** e ***belongsTo*** estão ilustrados na *Figura 5-18*.


```
        <ef:reportedTo>
           <ef:ReportToLegalAct>
              <ef:legalAct>
                 <base2:LegislationCitation gml:id="reportedTo.age_quality_of_bathing_water.10">
                    <base2:name>Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing
water quality and repealing Directive 76/160/EEC</base2:name>
                    <base2:date xsi:nil="true" />
                    <base2:link>http://data.europa.eu/eli/dir/2006/7/oj</base2:link>
                    <base2:identificationNumber>2006/7/CE</base2:identificationNumber>
                    <base2:dateEnteredIntoForce>24/03/2006</base2:dateEnteredIntoForce>
                    <base2:level xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LegislationLevelValue/european" />
                 </base2:LegislationCitation>
              </ef:legalAct>
              <ef:reportDate xsi:nil="true" />
              <ef:observationRequired xsi:nil="true" />
              <ef:observingCapabilityRequired xsi:nil="true" />
           </ef:ReportToLegalAct>
        </ef:reportedTo>
        <ef:hasObservation nilReason="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Withheld" />
        <ef:representativePoint>
           <gml:Point gml:id="age_quality_of_bathing_water.10-0" srsName="http://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/3035" srsDimension="2">
              <gml:pos>2937310.531861564 4057487.232517567</gml:pos>
           </gml:Point>
        </ef:representativePoint>
        <ef:measurementRegime xsi:nil="true" />
        <ef:mobile xsi:nil="true" />
        <ef:operationalActivityPeriod xsi:nil="true" />
        <ef:belongsTo xlink:href="http://catalog.inspire.geoportail.lu/geonetwork/dataset/b212b043-fa42-4e07-be9b-6e3312bd7190#age_quality_of_bathing_water"
/>
     </ef:EnvironmentalMonitoringFacility>
   </gml:featureMember>
```

Figura 5-18: Elementos presentes no modelo de dados do LUX (3).

5.4.2 Áustria

Outro caso prático, o qual Katharina Schleidt (*Head Geek* na *DataCove e.U*) teve a gentileza de disponibilizar para orientação, foi o AQ_Station.gml, da AT. Trata-se do CDG harmonizado referente à instalação de monitorização da qualidade do ar de Tullnerbachstraße, que também se insere no tema EF. O respetivo documento XML permitiu igualmente ter uma visão geral do seu modelo de dados, identificando as classes envolvidas, os atributos e associações aplicadas.


```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<wfs:FeatureCollection xmlns:wfs="http://www.opengis.net/wfs/2.0" xmlns:ad="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/ad/4.0"
xmlns:base="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/base/3.3" xmlns:base2="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/base2/2.0"
xmlns:ef="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/ef/4.0" xmlns:gco="http://www.isotc211.org/2005/gco" xmlns:gmd="http://www.isotc211.org/2005/gmd"
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml/3.2" xmlns:gn="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/gn/4.0" xmlns:om="http://www.opengis.net/om/2.0"
xmlns:ompr="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/ompr/2.0" xmlns:sam="http://www.opengis.net/sampling/2.0"
xmlns:sams="http://www.opengis.net/samplingSpatial/2.0" xmlns:swe="http://www.opengis.net/swe/2.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" numberMatched="unknown" numberReturned="1066"
timeStamp="2016-10-02T11:29:03.368Z"
xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/wfs/2.0 http://schemas.opengis.net/wfs/2.0/wfs.xsd  http://inspire.ec.europa.eu/schemas/ef/4.0
http://inspire.ec.europa.eu/schemas/ef/4.0/EnvironmentalMonitoringFacilities.xsd  http://www.opengis.net/gml/3.2
http://schemas.opengis.net/gml/3.2.1/gml.xsd">
   <wfs:member>
      <!-- Station -->
      <ef:EnvironmentalMonitoringFacility gml:id="STA.03.0065">
```

Figura 5-19: Elementos presentes no modelo de dados da AT (1).

A *Figura 5-19* identifica os pares dos esquemas envolvidos e o atributo do GML no modelo de dados AQ_Station.gml. É possível constatar que a informação dada no elemento ***xsi:schemaLocation*** é diferente, uma vez que o caso da AT não recorre a todos os esquemas do caso do LUX, os pares em comum são referentes aos esquemas do EF e do GML 3.2.1. e relativamente aos elementos do GML, apenas modelou o atributo ***gml:id***.

À semelhança dos CDG INSPIRE da APA (*Secção 5.2.1*) e do LUX (*Secção 5.4.1*), o XML do caso da AT revela que também se resume à camada *EF.EnvironmentalMonitoringFacilities* do modelo de dados alvo do tema EF. Comparando com o caso do LUX, o ficheiro AQ_Station.gml utiliza menos elementos, recorrendo apenas às classes AMO e EMF. Os atributos herdados da superclasse AMO, ***inspireId***, ***name***, ***mediaMonitored***, ***responsibleParty*** e ***geometry***, estão ilustrados na *Figura 5-20*. Umas das particularidades constatadas no AQ_Station.gml, foi o elemento *responsibleParty*, a AT modelou alguns atributos envolvidos, mas é possível compreender que este atributo do tipo *RelatedParty* é de grande complexidade por a sua composição envolver classes do modelo *Base Type 2* do GCM (*Figura 5-6*) e dos temas AD e GN (*Figura 5-7*), como descrito na *Secção 5.2*.

```
<ef:inspireId>
   <base:Identifier>
      <base:localId>STA.03.0065</base:localId>
      <base:namespace>AT.0008.20.AQ</base:namespace>
      <base:versionId>2015_2016-07-06T13:23:23+01:00</base:versionId>
   </base:Identifier>
</ef:inspireId>
<ef:name>Purkersdorf, Tullnerbachstraße</ef:name>
<ef:mediaMonitored xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/MediaValue/air" />
<ef:responsibleParty>
   <base2:RelatedParty>
      <base2:individualName>
         <gmd:LocalisedCharacterString>Wolfgang Spangl</gmd:LocalisedCharacterString>
      </base2:individualName>
      <base2:organisationName>
         <gmd:LocalisedCharacterString>Umweltbundesamt GmbH</gmd:LocalisedCharacterString>
      </base2:organisationName>
      <base2:contact>
         <base2:Contact>
            <base2:address>
               <ad:AddressRepresentation>
                  <ad:adminUnit>
                     <gn:GeographicalName>
                        <gn:language>deu</gn:language>
                        <gn:nativeness xsi:nil="true" nilReason="missing" />
                        <gn:nameStatus xsi:nil="true" nilReason="missing" />
                        <gn:sourceOfName xsi:nil="true" nilReason="missing" />
                        <gn:pronunciation xsi:nil="true" nilReason="missing" />
                        <gn:spelling>
                           <gn:SpellingOfName>
                              <gn:text>Wien</gn:text>
                              <gn:script xsi:nil="true" nilReason="missing" />
                           </gn:SpellingOfName>
                        </gn:spelling>
                     </gn:GeographicalName>
                  </ad:adminUnit>
                  <ad:locatorDesignator>Spittelauer Laende 5</ad:locatorDesignator>
                  <ad:postCode>A-1090</ad:postCode>
               </ad:AddressRepresentation>
            </base2:address>
            <base2:electronicMailAddress>wolfgang.spangl@umweltbundesamt.at</base2:electronicMailAddress>
            <base2:telephoneVoice>+43 1 31304 5861</base2:telephoneVoice>
            <base2:website>http://www.umweltbundesamt.at</base2:website>
         </base2:Contact>
      </base2:contact>
   </base2:RelatedParty>
</ef:responsibleParty>
<ef:geometry>
   <gml:Point gml:id="ST.PT.8814C6327A1F4945A4DABFD5AC064D1F" srsDimension="2" srsName="http://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/4258">
      <gml:pos>48.195835 16.143612</gml:pos>
   </gml:Point>
</ef:geometry>
```

AMO

Figura 5-20: Elementos presentes no modelo de dados da AT (2).

A *Figura 5-21* ilustra os atributos e a associação utilizados, da subclasse EMF, ***measurementRegime***, ***mobile***, ***operationalActivityPeriod***. No âmbito da função de associação *operacionalActivityPeriod*, o modelo de dados da AT incluiu a modelação da classe *feature type OperationalActivityPeriod*, que presta a informação do período de atividade operacional da instalação através do atributo *activityTime*.

```
<ef:measurementRegime xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/MeasurementRegimeValue/continuousDataCollection" />
<ef:mobile>false</ef:mobile>
<ef:operationalActivityPeriod>
   <ef:OperationalActivityPeriod gml:id="ST.OP.TP.B48462F83A4049889620E956C746564F">
      <ef:activityTime>
         <gml:TimePeriod gml:id="TP.ST.OP.TP.B48462F83A4049889620E956C746564F">
            <gml:beginPosition>2003-05-31Z</gml:beginPosition>
            <gml:endPosition indeterminatePosition="unknown" />
         </gml:TimePeriod>
      </ef:activityTime>
   </ef:OperationalActivityPeriod>
</ef:operationalActivityPeriod>
</ef:EnvironmentalMonitoringFacility>
</wfs:member>
</wfs:FeatureCollection>
```

EMF

Figura 5-21: Elementos presentes no modelo de dados da AT (3).

5.4.3 Reflexão

A análise realizada aos casos de inspiração descritos no presente trabalho de projeto, permitiu constatar que os EM estão a realizar a harmonização consoante a informação que possuem e características de cada um dos seus CDG. Nos casos do LUX e da AT, foi verificado que ambos modelaram os elementos para os quais disponibilizam informação, i.e., modelaram os atributos e associações obrigatórios e pertinentes cujos valores contenham informações úteis para os utilizadores, raramente introduzindo valores nulos. Apenas o caso do LUX recorreu a um dos valores da classe *VoidReasonValue* (*Secção 5.2*) através do atributo *hasObservation* (*Figura 5-18*). Deste modo, é compreendido que a modelação pode resumir-se à finalidade de cada CDG, mas também pode seguir pormenorizadamente os modelos de dados alvo, ou seja, modelando todos os elementos, inclusive os que receberão valores *Unknown*, *Unpopulated* e *Withheld*, para as respetivas informações serem introduzidas no futuro, se necessário. Neste seguimento, também se compreende, uma vez que os casos do LUX e da AT não aplicaram todos os elementos presentes no modelo de dados do tema EF, que os esquemas envolvidos (no *xsi:schemaLocation*) são diferentes, pois não recorreram a todos. A *Tabela 5-9* identifica os elementos que o LUX e a AT modelaram, permitindo a comparação das suas harmonizações. Os modelos de dados alvo propostos pela Diretiva INSPIRE dão liberdade aos EM de realizar a harmonização dos seus CDG adaptando às suas necessidades específicas. O processo de transformação de dados pode ser assumido como um processo simples para atingirmos a interoperabilidade desejada.

Tabela 5-9: Comparação de elementos entre os casos de inspiração.

Classes	Elementos		LUX	AT
GML	*gml:id*			✓
	gml_description			
	gml_identifier.codeSpace			
AMO	*inspireId**		✓	✓
	*mediaMonitored**		✓	✓
	*geometry**			✓
	name v			✓
	additionalDescription v		✓	
	legalBackground v:	*name**	✓	
		shortname		
		date	✓	
		link	✓	
		specificReference		
		identificationNumber	✓	
		officialDocumentNumber		
		dateEnteredIntoForce	✓	
		dateRepealed		
		level	✓	
		journalCitation:		
	responsibleParty v:	*individualName*		✓
		organisationName	✓	✓
		positionName		
		contact		✓
		role		
	onlineResource v			
	purpose v			
	observingCapability f			
	narrower f			
	broader f			
	supersedes f			
	supersededBy f			
AMF	*reportedTo v*:	*legalAct**:	✓	
		reportDate	✓	
		reportedEnvelope		
		observationRequired	✓	
		observingCapabilityRequired	✓	
		description		
	hasObservation f		✓	
	involvedIn f			
EMF	*representativePoint v*		✓	
	measurementRegime v		✓	✓
	mobile v		✓	✓
	resultAcquisitionSource v			
	specialisedEMFType v			
	operationalActivityPeriod f		✓	✓
	relatedTo f			
	belongsTo f		✓	

* atributo obrigatório. *v* atributo *voidable*. *f* função de associação.

6 Transformação de dados para a harmonização

O presente capítulo tem como objetivo descrever a modelação realizada nos dois processos de transformação de dados através das aplicações informáticas FME e HALE, acompanhado de uma breve análise das respetivas características técnicas.

6.1 Transformação no FME

A transformação de dados realizada com a aplicação FME, seguiu os passos gerais ilustrados na *Figura 2-6* (*Secção 2.5.2.1*) do presente trabalho. O processo de transformação incluiu a criação dos elementos *Reader* e *Writer* para se importar o esquema fonte e alvo, como também a informação contida no modelo de dados fonte "Águas balneares de Portugal", da APA. Quando estabelecidos estes dois elementos, adicionou-se os transformadores *UUIDGenerator*, *AttributeCreator*, *GeometryPropertySetter* e *Aggregator*. O transformador *UUIDGenerator* gera um identificador único universal (*Universally Unique IDentifier*, UUID) para cada objeto espacial, água balnear. O transformador *AttributeCreator* permite que sejam adicionados novos atributos e respetivos valores, que não existam no modelo de dados fonte. O transformador *GeometryPropertySetter* extrai as propriedades da geometria do esquema fonte e atribui-as ao novo atributo do esquema alvo, *representativePoint*. O transformador *Aggregator* combina a geometria e os restantes atributos criados num agregado heterogêneo. Após a criação dos elementos de transformação, estabelece-se o mapeamento ligando todas as componentes, desde o *Reader* até ao *Writer* para permitir o fluxo dos dados (*Figura 6-1*). A opção *Run* executa as operações em todo o fluxo de dados. Após a inspeção e confirmação de que a transformação dos dados foi realizada com sucesso, exporta-se o novo CDG para o formato exigido pela Diretiva INSPIRE, o formato GML.

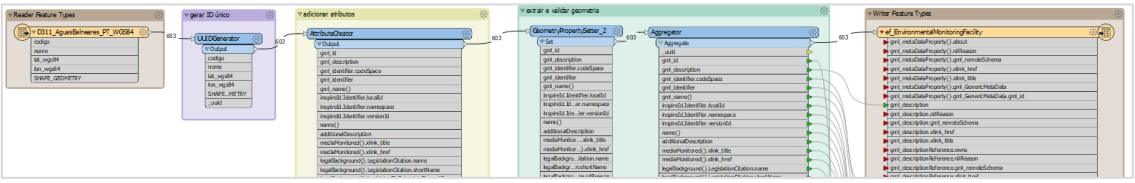


Figura 6-1: Fluxo de dados entre transformadores, do *Reader* ao *Writer* no FME.

Para que a modelação realizada satisfizesse os requisitos do modelo de dados do EF e as IRs e TG INSPIRE, foram consideradas as particularidades do FME, sendo os valores introduzidos definidos pela APA. O processo de gerar o GML não compreendia a informação dos esquemas envolvidos a que o modelo de dados do EF recorre, pelo que foi necessário preencher os respetivos pares na opção *Target xsi:schemaLocation URL* das definições do *Writer*, como ilustrado na *Figura 6-2*. Este preenchimento era crucial para que a modelação fosse completa e que o novo CDG fosse aprovado pelo INSPIRE *Validator*. A informação referente à delimitação do GML, dada pelo elemento *gml:boundedBy*, é gerada automaticamente aquando da exportação do ficheiro pelo próprio FME.

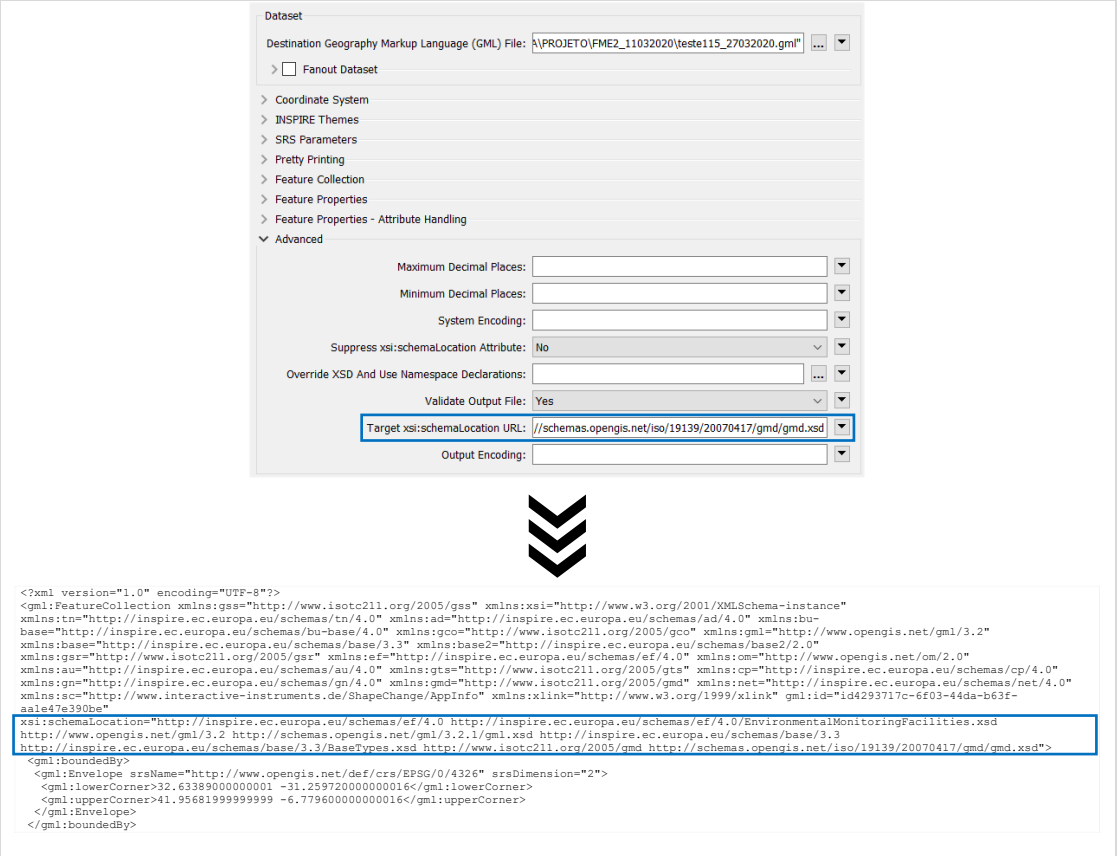


Figura 6-2: Preenchimento do *Target xsi:schemaLocation URL* nas definições do *Writer*, FME.

A *Figura 6-3* ilustra a criação, no transformador *AttributeCreator*, dos elementos do GML e os primeiros atributos herdados da superclasse AMO, *inspireId*, *name*, *additionalDescription* e *mediaMonitored*. Os elementos referentes diretamente à informação do GML implicaram, no entender da APA, a criação de quatro novos atributos, que não existiam no modelo de dados fonte (*gml_description*, *gml_identifier.codeSpace*, *gml_identifier* e *gml_name*), tendo estes sido criados com sucesso uma vez que os elementos correspondentes estavam disponíveis no *Writer* para realizar o mapeamento. O elemento *gml:id*, não requereu a criação de um atributo próprio, uma vez que foi criado o transformador *UUIDGenerator* que o gera automaticamente. Os atributos para compor o *inspireId*, de acordo com as DS, também estavam disponíveis para o mapeamento, deste modo criaram-se três novos atributos *inspireId.Identifier.localId*, *inspireId.Identifier.namespace* e *inspireId.Identifier.versionId.* Os atributos *name* e *additionalDescription* não implicaram a criação de mais atributos associados a não ser eles mesmos, como *name{0}* e *additionalDescription*. O atributo *mediaMonitored* implicou a criação de dois novos atributos, *mediaMonitored{0}.xlink_title* e *mediaMonitored{0}.xlink_href*. A criação de cada um foi com o propósito de a informação se tornar mais clara, identificando no primeiro a categoria em que se insere o CDG e no segundo a respetiva lista de códigos.

New Attribute	Attribute Value
gml_description	PT_EF_BathingWaters
gml_identifier.codeSpace	SNIG
gml_identifier	https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/metadata/8C385308-0C1B-457D-A712-672859BAE43C#@Value(_uuid)
gml_name{0}	nome
inspireId.Identifier.localId	codigo
inspireId.Identifier.namespace	http://inspire.ec.europa.eu/schemas/inspire.apambiente.pt/getogc/services/INSPIRE/EF_BathingWaters/MapServer/WFSServer
inspireId.Identifier.versionId	2018-04-02
name{0}	INSPIRE_PT_EF_BathingWaters
additionalDescription	INSPIRE Portugal Environment Monitoring Facility Bathing Waters
mediaMonitored{0}.xlink_title	Water
mediaMonitored{0}.xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/MediaValue/water

```
<gml:featureMember>
  <ef:EnvironmentalMonitoringFacility gml:id="idfe84b1be-dd93-4413-ac93-d9d03a8b39d4">
   <gml:description>PT_EF_BathingWaters</gml:description>
   <gml:identifier codeSpace="SNIG">https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/metadata/8C385308-0C1B-457D-A712-
672859BAE43C#PTCH2C</gml:identifier>
   <gml:name>ALBARQUEL</gml:name>
   <ef:inspireId>
    <base:Identifier>
     <base:localId>PTCH2C</base:localId>
     <base:namespace>http://inspire.ec.europa.eu/schemas/inspire.apambiente.pt/getogc/services/INSPIRE/EF_BathingWaters/MapServer/WFSServer</base:namespace>
     <base:versionId>2018-04-02</base:versionId>
    </base:Identifier>
   </ef:inspireId>
   <ef:name>INSPIRE_PT_EF_BathingWaters</ef:name>
   <ef:additionalDescription>INSPIRE Portugal Environment Monitoring Facility Bathing Waters</ef:additionalDescription>
   <ef:mediaMonitored xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/MediaValue/water" xlink:title="Water"/>
```

Figura 6-3: Criação de elementos do GML e atributos herdados da superclasse AMO, FME.

A *Figura 6-4* ilustra a criação, no transformador *AttributeCreator*, do atributo herdado da superclasse AMO, *legalBackground*. Uma vez que se trata de um atributo do tipo *LegislationCitation*, este inclui os demais elementos que a compõem como classe do tipo *data*. Pretendia-se com a modelação, completar o quanto possível a estrutura do modelo de dados com o mapeamento disponível no FME. Tentou-se em primeiro lugar criar e mapear os atributos obrigatórios, mas quando se corria a aplicação surgiam erros, indicando que eram esperados os demais atributos das classes dos esquemas envolvidos. A mesma informação foi prestada no *INSPIRE Validator*, pelo que se procedeu à criação dos respetivos atributos (*Tabela 5-5*). Os atributos criados, referem-se às classes *LegislationCitation* e *OfficialJournalInformation* do esquema *Base Type 2* do GCM. Respeitou-se os valores obrigatórios no modelo de dados e os valores dos restantes elementos foi entendido que seriam *Unpopulated*.

New Attribute	Attribute Value
legalBackground{0}.LegislationCitation.name	Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community ac...
legalBackground{0}.LegislationCitation.shortName	Water Framework Directive
legalBackground{0}.LegislationCitation.date.CI_Date.dateType.nilReason	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
legalBackground{0}.LegislationCitation.link{0}	https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj
legalBackground{0}.LegislationCitation.specificReference{0}	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
legalBackground{0}.LegislationCitation.identificationNumber	2000/60/EC
legalBackground{0}.LegislationCitation.officialDocumentNumber	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
legalBackground{0}.LegislationCitation.dateEnteredIntoForce	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
legalBackground{0}.LegislationCitation.dateRepealed	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
legalBackground{0}.LegislationCitation.level.xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LegislationLevelValue/european
legalBackground{0}.LegislationCitation.journalCitation.OfficialJournalInformation.officialJournalIdentification	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
legalBackground{0}.LegislationCitation.journalCitation.OfficialJournalInformation.ISSN	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
legalBackground{0}.LegislationCitation.journalCitation.OfficialJournalInformation.ISBN	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
legalBackground{0}.LegislationCitation.journalCitation.OfficialJournalInformation.linkToJournal	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated

```
   <ef:legalBackground>
    <base2:LegislationCitation>
     <base2:name>Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the
field of water policy</base2:name>
     <base2:shortName>Water Framework Directive</base2:shortName>
     <base2:date xsi:nil="true"/>
     <base2:link>https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj</base2:link>
     <base2:specificReference>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:specificReference>
     <base2:identificationNumber>2000/60/EC</base2:identificationNumber>
     <base2:officialDocumentNumber>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:officialDocumentNumber>
     <base2:dateEnteredIntoForce>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:dateEnteredIntoForce>
     <base2:dateRepealed>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:dateRepealed>
     <base2:level xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LegislationLevelValue/european"/>
     <base2:journalCitation>
      <base2:OfficialJournalInformation>
       <base2:officialJournalIdentification>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:officialJournalIdentification>
       <base2:ISSN>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:ISSN>
       <base2:ISBN>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:ISBN>
       <base2:linkToJournal>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:linkToJournal>
      </base2:OfficialJournalInformation>
     </base2:journalCitation>
    </base2:LegislationCitation>
   </ef:legalBackground>
```

Figura 6-4: Criação do atributo *legalBackground* do tipo *LegislationCitation* herdado da superclasse AMO, FME.

A *Figura 6-5* ilustra a criação, no transformador *AttributeCreator*, dos restantes atributos *responsibleParty*, *onlineResource*, *purpose* e associações *observingCapability*, *broader*, *narrower*, *supersedes*, *supersededBy*, também herdados da superclasse AMO. O atributo *responsibleParty* do tipo *RelatedParty* deveria incluir os elementos da classe do tipo *data*: *individualName*, *organisationName*, *positionName*, *contact* e *role* (*code list*). Por sua vez, nesta modelação também deveria ser possível incluir os elementos da classe *Contact* e os demais elementos, classes e listas de códigos envolvidas da classe *AddressRepresentation*. No entanto, foi constatado que o FME não disponibiliza a correspondência no *Writer* para a realização do mapeamento e por tal, o GML foi criado, mesmo com a informação incompleta sobre a entidade responsável do CDG, com sucesso e aprovado pelo INSPIRE *Validator*, tendo unicamente o atributo como *responsibleParty{0}.xsi_nil* com o valor "*true*" e *responsibleParty{0}.nilReason*. Numa primeira tentativa, colocou-se no atributo *responsibleParty{0}.nilReason* o valor "*Portuguese Environment Agency*", mas apesar de o FME não acusar erros, o *INSPIRE Validator* acusava, indicando que deveria ser um dos três valores da classe *VoidReasonValue*, pelo que foi introduzido a lista de códigos respeitante ao valor *Unpopulated*. O atributo *onlineResource* não implicou a criação de mais atributos associados a não ser ele mesmo, como *onlineResource{0}*. O atributo *purpose* implicou a criação de dois novos atributos, *purpose{0}.xlink_title* e *purpose{0}.xlink_href*. Mais uma vez, a criação de ambos foi para clarificar a informação, identificando no primeiro o âmbito em que foi concebido as instalações de monitorização do ambiente e no segundo a respetiva lista de códigos. Uma vez que o CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal não inclui as classes *ObservingCapability*, *Hierarchy* e *Genealogy*, as respetivas associações têm o valor *Unpopulated*, a informação poderá existir no mundo real, mas não é incluída no modelo de dados. Foram criadas as funções *observingCapability{0}.xlink_title*, *observingCapability{0}.xlink_href*, *broader.xlink_title*, *broader.xlink_href*, *narrower{0}.xlink_title*, *narrower{0}.xlink_href*, *supersedes{0}.xlink_href*, *supersedes{0}.xlink_title*, *supersededBy{0}.xlink_href*, *supersededBy{0}.xlink_title* para a introdução do valor e respetiva lista de códigos.

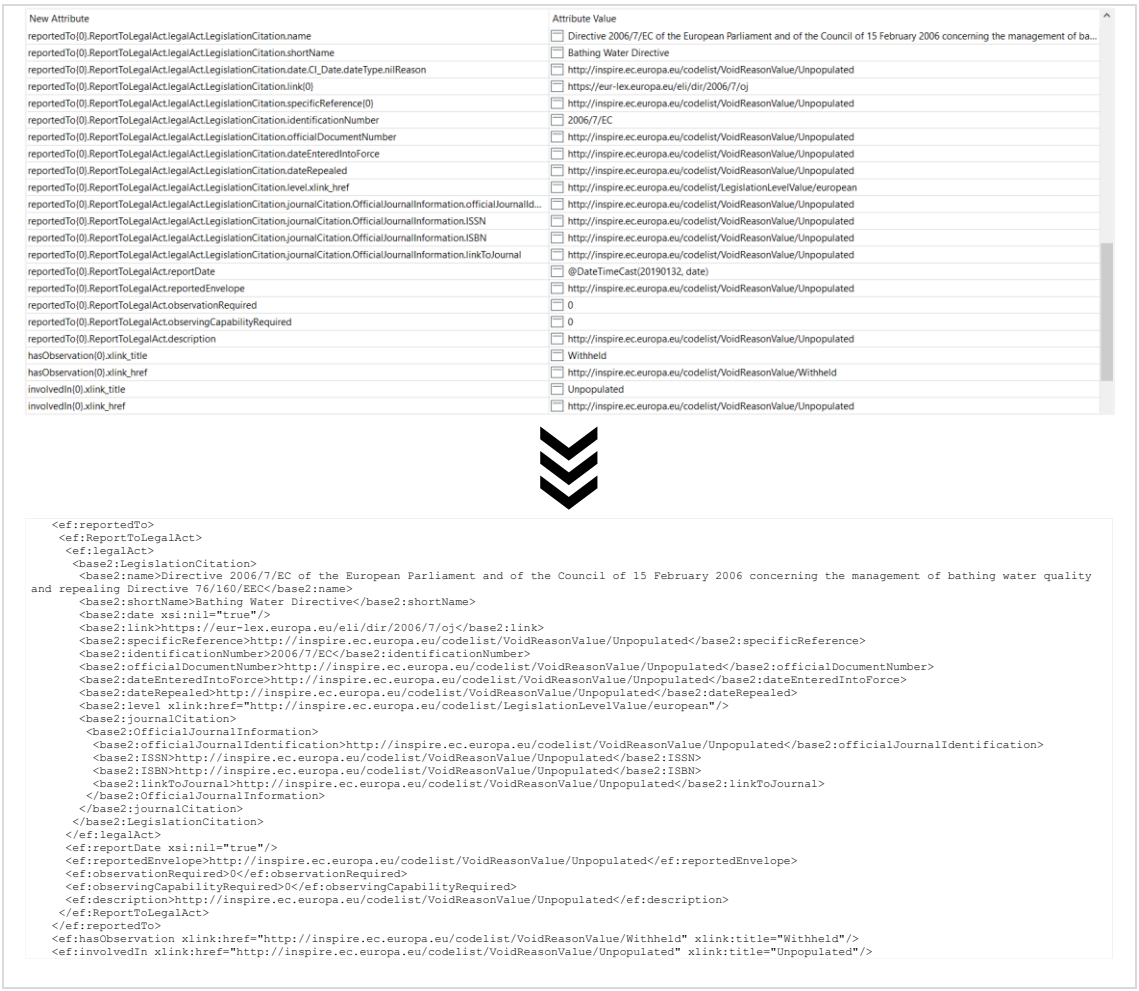
New Attribute	Attribute Value
responsibleParty(0).xsi_nil	t
onlineResource(0)	https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/metadata/8C385308-0C1B-457D-A712-672859BAE43C
purpose(0).xlink_title	European Reporting Obligation
purpose(0).xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/PurposeOfCollectionValue
observingCapability(0).xlink_title	Unpopulated
observingCapability(0).xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
broader.xlink_title	Unpopulated
broader.xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
narrower(0).xlink_title	Unpopulated
narrower(0).xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
supersedes(0).xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
supersedes(0).xlink_title	Unpopulated
supersededBy(0).xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
supersededBy(0).xlink_title	Unpopulated

```
<ef:responsibleParty nilReason="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated" xsi:nil="true"/>
<ef:onlineResource>https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/metadata/8C385308-0C1B-457D-A712-672859BAE43C</ef:onlineResource>
<ef:purpose xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/PurposeOfCollectionValue" xlink:title="European Reporting Obligation"/>
<ef:observingCapability xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated" xlink:title="Unpopulated"/>
<ef:broader xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated" xlink:title="Unpopulated"/>
<ef:narrower xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated" xlink:title="Unpopulated"/>
<ef:supersedes xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated" xlink:title="Unpopulated"/>
<ef:supersededBy xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated" xlink:title="Unpopulated"/>
```

Figura 6-5: Criação dos restantes atributos e associações herdados da superclasse AMO, FME.

A *Figura 6-6* ilustra a criação, no transformador *AttributeCreator*, do atributo *reportedTo* e associações *hasObservation* e *involvedIn* herdados da subclasse AMF. Uma vez que o atributo *reportedTo* é do tipo *ReportToLegalAct*, os demais elementos que o compõem como classe do tipo *data* devem ser incluídos. Mais uma vez, pretendia-se com a modelação completar o quanto possível o modelo de dados. Tentou-se em primeiro lugar, criar e mapear os atributos obrigatórios,

à semelhança do atributo *legalBackground*, no entanto quando se corria a aplicação também surgiam erros, indicando novamente que eram esperados os demais atributos das classes dos esquemas envolvidos, informação igualmente prestada no *INSPIRE Validator*, pelo que se procedeu à criação de todos os atributos (*Tabela 5-6*). Os atributos criados também se referem às classes *LegislationCitation* e *OfficialJournalInformation* do modelo *Base Type 2* do GCM. Da mesma forma, respeitou-se os valores obrigatórios e os valores dos restantes elementos foi entendido, novamente, que seriam do tipo *Unpopulated*. O CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal também não inclui as classes *OM_Observation* e *EnvironmentalMonitoringActivity*, sendo que a APA entendeu que o valor das respetivas associações seriam *Withheld* e *Unpopulated*, respetivamente, dado que no primeiro caso se trata de informação confidencial e no segundo se optou pela não inclusão de tais informações no CDG. Criaram-se as funções *hasObservation{0}.xlink_title*, *hasObservation{0}.xlink_href*, *involvedIn{0}.xlink_title*, *involvedIn{0}.xlink_href* também para a introdução do valor e respetiva lista de códigos.



New Attribute	Attribute Value
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.name	Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of ba...
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.shortName	Bathing Water Directive
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.date.CI_Date.dateType.nilReason	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.link[0]	https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/7/oj
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.specificReference[0]	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.identificationNumber	2006/7/EC
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.officialDocumentNumber	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.dateEnteredIntoForce	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.dateRepealed	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.level.xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LegislationLevelValue/european
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.journalCitation.OfficialJournalInformation.officialJournalId...	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.journalCitation.OfficialJournalInformation.ISSN	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.journalCitation.OfficialJournalInformation.ISBN	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
reportedTo[0].ReportToLegalAct.legalAct.LegislationCitation.journalCitation.OfficialJournalInformation.linkToJournal	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
reportedTo[0].ReportToLegalAct.reportDate	@DateTimeCast(20190132, date)
reportedTo[0].ReportToLegalAct.reportedEnvelope	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
reportedTo[0].ReportToLegalAct.observationRequired	0
reportedTo[0].ReportToLegalAct.observingCapabilityRequired	0
reportedTo[0].ReportToLegalAct.description	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
hasObservation[0].xlink_title	Withheld
hasObservation[0].xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Withheld
involvedIn[0].xlink_title	Unpopulated
involvedIn[0].xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated

```
<ef:reportedTo>
 <ef:ReportToLegalAct>
  <ef:legalAct>
   <base2:LegislationCitation>
    <base2:name>Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality
and repealing Directive 76/160/EEC</base2:name>
    <base2:shortName>Bathing Water Directive</base2:shortName>
    <base2:date xsi:nil="true"/>
    <base2:link>https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/7/oj</base2:link>
    <base2:specificReference>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:specificReference>
    <base2:identificationNumber>2006/7/EC</base2:identificationNumber>
    <base2:officialDocumentNumber>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:officialDocumentNumber>
    <base2:dateEnteredIntoForce>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:dateEnteredIntoForce>
    <base2:dateRepealed>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:dateRepealed>
    <base2:level xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LegislationLevelValue/european"/>
    <base2:journalCitation>
     <base2:OfficialJournalInformation>
      <base2:officialJournalIdentification>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:officialJournalIdentification>
      <base2:ISSN>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:ISSN>
      <base2:ISBN>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:ISBN>
      <base2:linkToJournal>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</base2:linkToJournal>
     </base2:OfficialJournalInformation>
    </base2:journalCitation>
   </base2:LegislationCitation>
  </ef:legalAct>
  <ef:reportDate xsi:nil="true"/>
  <ef:reportedEnvelope>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</ef:reportedEnvelope>
  <ef:observationRequired>0</ef:observationRequired>
  <ef:observingCapabilityRequired>0</ef:observingCapabilityRequired>
  <ef:description>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</ef:description>
 </ef:ReportToLegalAct>
</ef:reportedTo>
<ef:hasObservation xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Withheld" xlink:title="Withheld"/>
<ef:involvedIn xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated" xlink:title="Unpopulated"/>
```

Figura 6-6: Criação dos atributos e associações herdados da subclasse AMF, FME.

A *Figura 6-7* ilustra a criação, no transformador *AttributeCreator*, dos atributos *representativePoint*, *measurementRegime*, *mobile*, *resultAcquisitionSource*, *specialisedEMFType* e das associações *operationalActivityPeriod*, *relatedTo*, *belongsTo* da própria subclasse EMF. O atributo *representativePoint* tem como valor a geometria proveniente do modelo fonte, as propriedades são extraídas e definidas à representação dos pontos que

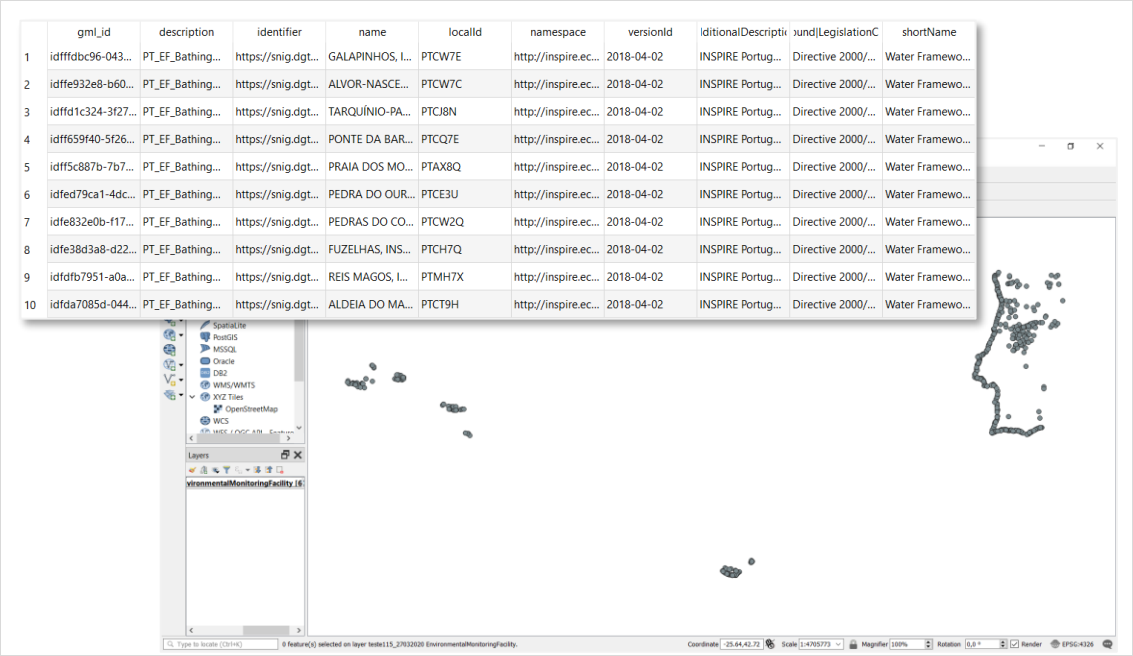
representam as instalações de monitorização, através do transformador *GeometryPropertySetter*. Os atributos *measurementRegime*, *resultAcquisitionSource* e *specialisedEMFType* implicaram a criação de seis novos atributos, *measurementRegime.xlink_title*, *measurementRegime.xlink_href*, *resultAcquisitionSource{0}.xlink_title*, *resultAcquisitionSource{0}.xlink_href*, *specialisedEMFType.xlink_title* e *specialisedEMFType.xlink_href*. A criação de cada um foi igualmente com o propósito de a informação ser direta relativamente à categoria em que se insere o CDG e à respetiva lista de códigos. O atributo *mobile* também não implicou a criação de mais atributos associados a não ser ele mesmo, como *mobile.xsi_nil* com o valor de "*true*". O CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal também não inclui as classes *OperationalActivityPeriod*, *AnyDomainLink*, *NetworkFacility* e *EnvironmentalMonitoringNetwork*, à semelhança das classes *OM_Observation* e *EnvironmentalMonitoringActivity*, as respetivas associações também têm o valor *Unpopulated*. Assumindo o mesmo método, foram criadas as funções *operationalActivityPeriod{0}.xlink_title*, *operationalActivityPeriod{0}.xlink_href*, *relatedTo{0}.AnyDomainLink.comment*, *belongsTo{0}.xlink_title* e *belongsTo{0}.xlink_href*.

New Attribute	Attribute Value
representativePoint	representativePoint
measurementRegime.xlink_title	Periodic Data Collection
measurementRegime.xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/MeasurementRegimeValue/periodicDataCollection
mobile.xsi_nil	t
resultAcquisitionSource{0}.xlink_title	InSitu
resultAcquisitionSource{0}.xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/ResultAcquisitionSourceValue
specialisedEMFType.xlink_title	Site
specialisedEMFType.xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/SpecialisedEMFTypeValue
operationalActivityPeriod{0}.xlink_title	Unpopulated
operationalActivityPeriod{0}.xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
relatedTo{0}.AnyDomainLink.comment	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated
belongsTo{0}.xlink_title	Unpopulated
belongsTo{0}.xlink_href	http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated

```
<ef:representativePoint>
    <gml:Point gml:id="idfe84b1be-dd93-4413-ac93-d9d03a8b39d4-0" srsName="http://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/4326" srsDimension="2">
     <gml:pos>38.51035999999999 -8.914870000000008</gml:pos>
    </gml:Point>
   </ef:representativePoint>
   <ef:measurementRegime xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/MeasurementRegimeValue/periodicDataCollection" xlink:title="Periodic Data
Collection"/>
   <ef:mobile xsi:nil="true"/>
   <ef:resultAcquisitionSource xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/ResultAcquisitionSourceValue" xlink:title="InSitu"/>
   <ef:specialisedEMFType xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/SpecialisedEMFTypeValue" xlink:title="Site"/>
   <ef:operationalActivityPeriod xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated" xlink:title="Unpopulated"/>
   <ef:relatedTo>
    <ef:AnyDomainLink>
     <ef:comment>http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated</ef:comment>
     <ef:relatedTo xsi:nil="true"/>
    </ef:AnyDomainLink>
   </ef:relatedTo>
   <ef:belongsTo xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/VoidReasonValue/Unpopulated" xlink:title="Unpopulated"/>
  </ef:EnvironmentalMonitoringFacility>
 </gml:featureMember>
```

Figura 6-7: Criação dos atributos e associações da subclasse EMF, FME.

Após a criação de todos os atributos e associações, respeitando as restrições de integridade do modelo de dados do EF, garantiu-se que o mapeamento estava completo e correu-se a aplicação. A análise dos dados no *FME Data Inspector* confirmou que o planificado na tabela de correspondência foi seguido e aplicado com sucesso e procedeu-se à exportação do GML. O GML exportado pode ser carregado em qualquer aplicação SIG que suporte o seu formato. A *Figura 6-8* ilustra o ficheiro PT_EF_BW_FME.gml importado para a aplicação informática *Quantum Geographic Information System* (QGIS) *Desktop* 3.12.1 e um excerto da respetiva tabela de atributos, cujo resultado é o expectável.



	gml_id	description	identifier	name	localId	namespace	versionId	lditionalDescripti	ound|LegislationC	shortName
1	idfffdbc96-043...	PT_EF_Bathing...	https://snig.dgt...	GALAPINHOS, I...	PTCW7E	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
2	idffe932e8-b60...	PT_EF_Bathing...	https://snig.dgt...	ALVOR-NASCE...	PTCW7C	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
3	idffd1c324-3f27...	PT_EF_Bathing...	https://snig.dgt...	TARQUÍNIO-PA...	PTCJ8N	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
4	idff659f40-5f26...	PT_EF_Bathing...	https://snig.dgt...	PONTE DA BAR...	PTCQ7E	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
5	idff5c887b-7b7...	PT_EF_Bathing...	https://snig.dgt...	PRAIA DOS MO...	PTAX8Q	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
6	idfed79ca1-4dc...	PT_EF_Bathing...	https://snig.dgt...	PEDRA DO OUR...	PTCE3U	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
7	idfe832e0b-f17...	PT_EF_Bathing...	https://snig.dgt...	PEDRAS DO CO...	PTCW2Q	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
8	idfe38d3a8-d22...	PT_EF_Bathing...	https://snig.dgt...	FUZELHAS, INS...	PTCH7Q	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
9	idfdfb7951-a0a...	PT_EF_Bathing...	https://snig.dgt...	REIS MAGOS, I...	PTMH7X	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
10	idfda7085d-044...	PT_EF_Bathing...	https://snig.dgt...	ALDEIA DO MA...	PTCT9H	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...

Figura 6-8: Visualização do PT_EF_BW_FME.gml na aplicação informática QGIS 3.12.1.

6.2 Transformação no HALE

A transformação de dados realizada com a aplicação HALE, seguiu os passos gerais ilustrados na *Figura 2-9* (*Secção 2.5.2.2*) do presente trabalho. O processo de transformação incluiu igualmente a importação do esquema fonte e alvo, como também da informação contida no modelo de dados fonte, da APA, para dentro do *Schema Explorer* do HALE. A transformação teve início com o uso da função *Retype*, que estabelece o mapeamento dos atributos e associações entre os esquemas fonte e alvo. O mapeamento foi realizado mais uma vez, atributo a atributo, tendo em conta as DS e o planificado na tabela de correspondência. As funções utilizadas foram *Generate sequential Id*, *Assign*, *Formatted string*, *Rename*, *Ordinates to Point* e *Reproject Geometry*. A função *Generate sequential Id*, da secção *Numeric*, cria um identificador único sequencial para cada objeto espacial, com a particularidade de se poder acrescentar texto. A função *Assign* da secção *General* cria um atributo que não exista no esquema fonte, com a possibilidade de se introduzir o respetivo valor. A função *Formatted string*, também da secção *General*, cria num novo atributo, uma *string*, que recebe variáveis do esquema fonte. A função *Rename*, também da secção *General*, cria um atributo que vai adotar as características do atributo do modelo fonte. A função *Ordinates to Point*, da secção *Geometric*, cria, num novo atributo, pontos com as coordenadas provenientes do esquema fonte. A função *Reproject Geometry*, também da secção *Geometric*, projeta no novo atributo o sistema de coordenadas da geometria do esquema fonte. Após o mapeamento e confirmação dos valores de cada atributo e associação no *Alignment*, executou-se a aplicação com a opção *Live transformation* e *Validated transformed instances automatically*. Todo o processo requereu atenção às informações prestadas no *Error Log* e *Report List*. Por fim, inspecionou-se os dados transformados e exportou-se o novo CDG também em formato GML, conforme exigido pela Diretiva INSPIRE.

A modelação realizada no FME foi replicada no HALE para igualmente satisfazer os requisitos do modelo de dados do EF e as IRs e TG INSPIRE, todavia, com mais flexibilidade tendo em conta as particularidades do HALE. Os valores introduzidos, também são os que a APA definiu. O HALE permite a ativação dos esquemas envolvidos, em '*Edit mapping relevant target types*' da opção *Edit* (*Figura 6-9*), o que significa que o utilizador não necessita de pesquisar pelos pares

dos esquemas, e ao contrário do FME, a informação referente ao *xsi:schemaLocation* é preenchida automaticamente. Já o elemento *gml:boundedBy*, não é gerado automaticamente aquando da exportação do ficheiro (tem de ser ativo), em vez deste, surge o elemento *base:identifier*, preenchido no processo de exportação dos dados transformados.

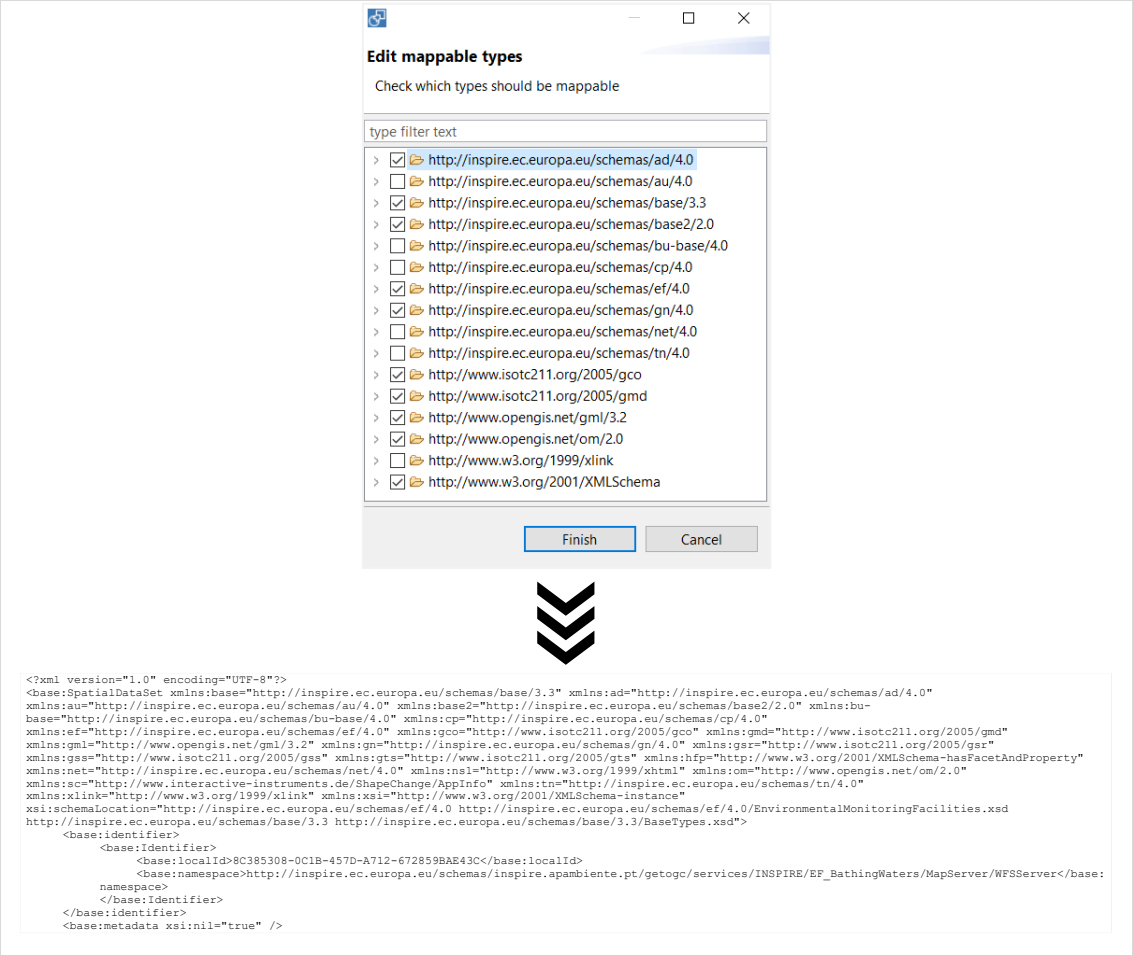


Figura 6-9: Ativação de esquemas envolvidos, HALE.

A *Figura 6-10* ilustra um excerto do ficheiro GML e as respetivas células do mapeamento no *Alignment* do HALE, com os elementos do GML e os primeiros atributos herdados da superclasse AMO, *inspireId*, *name*, *additionalDescription* e *mediaMonitored*. À semelhança da modelação no FME, também se procedeu à criação de novos atributos, mas neste caso, foram criados cinco atributos que não existiam no esquema fonte referente aos elementos do GML, através da função *Assign*, para o *gml_description*, *gml_identifier.codeSpace*, através da função *Rename*, a partir do atributo "nome" do modelo de dados fonte, para o *gml_name*, através da função *Generate sequential ID* para o *gml:id* e através da função *Formatted string*, a partir do atributo "codigo" também do modelo de dados fonte, para o *gml_identifier*. Os atributos que compõem o *inspireId*, de acordo com as DS, foram criados através da função *Rename*, a partir do atributo "codigo" do modelo de dados fonte, para o *inspireId.Identifier.localId* e através da função *Assign* para o *inspireId.Identifier.namespace* e *inspireId.Identifier.versionId.* Os atributos *name* e *additionalDescription* referentes ao CDG, foram criados através da função *Assign*. O atributo *mediaMonitored* implicou a criação de dois novos atributos, *mediaMonitored.title* e *mediaMonitored.href*. Ambos foram criados, à semelhança do método aplicado na modelação realizada no FME, com o objetivo de a informação ser direta, identificando novamente no primeiro a categoria em que se insere o CDG e no segundo a respetiva lista de códigos.

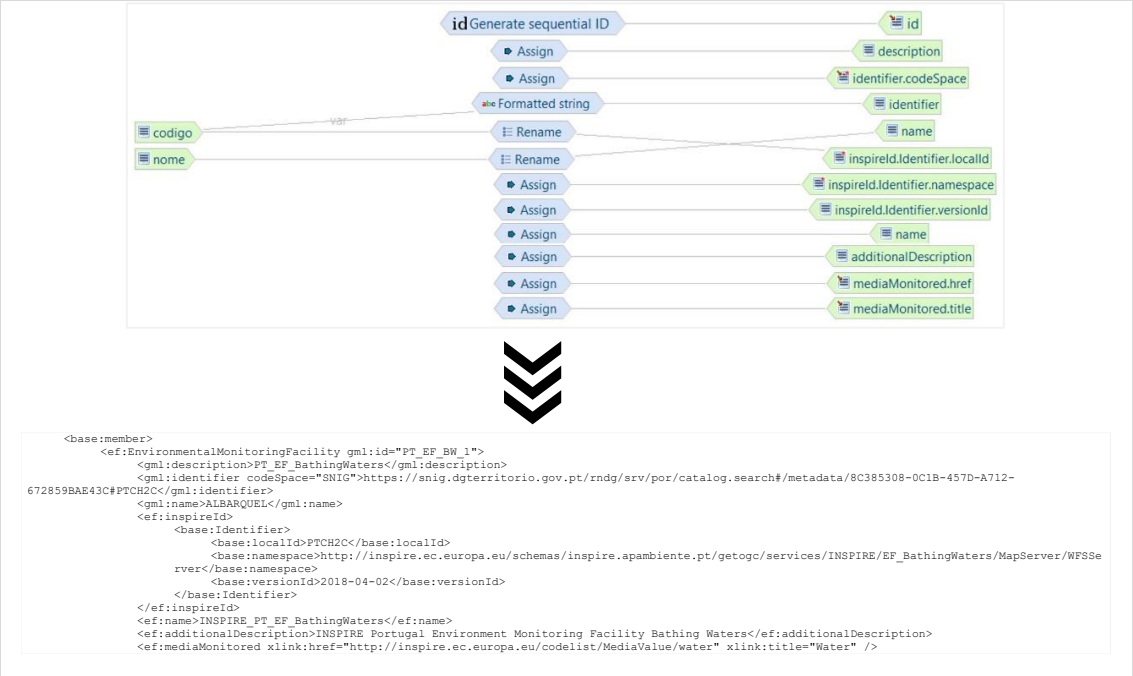


Figura 6-10: Mapeamento de elementos do GML e atributos herdados da superclasse AMO, HALE.

A *Figura 6-11* ilustra outro excerto do ficheiro GML e as respetivas células do mapeamento no *Alignment* do HALE, relativamente aos atributos também herdados da superclasse AMO, *legalBackground* e *responsibleParty*. Novamente, o atributo *legalBackground*, do tipo *LegislationCitation*, é composto pelos elementos da classe do tipo *data*. Ao contrário do FME, o mapeamento foi possível com base nos atributos obrigatórios e pertinentes, pelo que se entendeu criar apenas os atributos *name*, *shortName*, *link*, *identificationNumber*, *level*, sem gerar erros no HALE ou no *INSPIRE Validator*. Ao contrário do FME, o mapeamento do atributo *responsibleParty* foi completo. A modelação com este atributo envolveu as classes do tipo *data*, *RelatedParty* e *Contact*, do esquema *Base Type 2* do GCM. Logo, a sua composição é realizada com os elementos das respetivas classes. Uma vez que o HALE demonstrou ser mais flexível do que o FME, também se realizou o mapeamento apenas dos atributos obrigatórios e pertinentes, *organisationName*, *electronicMailAddress*, *website* e *role* (*Tabela 5-5*), sem gerar erros.


```
<ef:legalBackground>
    <base2:LegislationCitation>
        <base2:name>Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for
Community action in the field of water policy</base2:name>
        <base2:shortName>Water Framework Directive</base2:shortName>
        <base2:date xsi:nil="true" />
        <base2:link>https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj</base2:link>
        <base2:identificationNumber>2000/60/EC</base2:identificationNumber>
        <base2:level xlink:href="http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LegislationLevelValue/european" />
    </base2:LegislationCitation>
</ef:legalBackground>
<ef:responsibleParty>
    <base2:RelatedParty>
        <base2:organisationName>
            <gmd:PT_FreeText>
                <gmd:textGroup xlink:title="Portuguese Environment Agency" />
            </gmd:PT_FreeText>
        </base2:organisationName>
        <base2:contact>
            <base2:Contact>
                <base2:electronicMailAddress>geral@apambiente.pt</base2:electronicMailAddress>
                <base2:website>https://apambiente.pt/</base2:website>
            </base2:Contact>
        </base2:contact>
        <base2:role xlink:href="https://inspire.ec.europa.eu/codelist/RelatedPartyRoleValue/owner" />
    </base2:RelatedParty>
</ef:responsibleParty>
```

Figura 6-11: Mapeamento de *legalBackground* e *responsibleParty*, herdados da superclasse AMO, HALE.

A *Figura 6-12* ilustra novo excerto do ficheiro GML e também as correspondentes células do mapeamento no *Alignment* do HALE, relativamente aos atributos *onlineResource* e *purpose* e às associações *observingCapability*, *broader*, *narrower*, *supersedes*, *supersededBy* também herdados da superclasse AMO. Todos foram criados através da função *Assign*, uma vez que não existiam no modelo de dados fonte. Novamente, o atributo *purpose* implicou a criação de dois novos atributos, *purpose.title* e *purpose.href*. Igualmente para no primeiro identificar de forma clara em que âmbito é definido as instalações de monitorização e no segundo a respetiva lista de códigos. Como referido na *Secção 6.1*, o CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal não inclui as classes *ObservingCapability*, *Hierarchy* e *Genealogy*, pelo que as respetivas associações voltam a receber o valor *Unpopulated*. Foram criadas as funções *observingCapability.role*, *observingCapability.href*, *broader.role*, *broader.href*, *narrower.role*, *narrower.href*, *supersedes.role*, *supersedes.href*, *supersededBy.role*, *supersededBy.href* e neste âmbito constatou-se que, ao contrário do FME, o HALE dispõe atributos do tipo *role*, para as funções de associação.

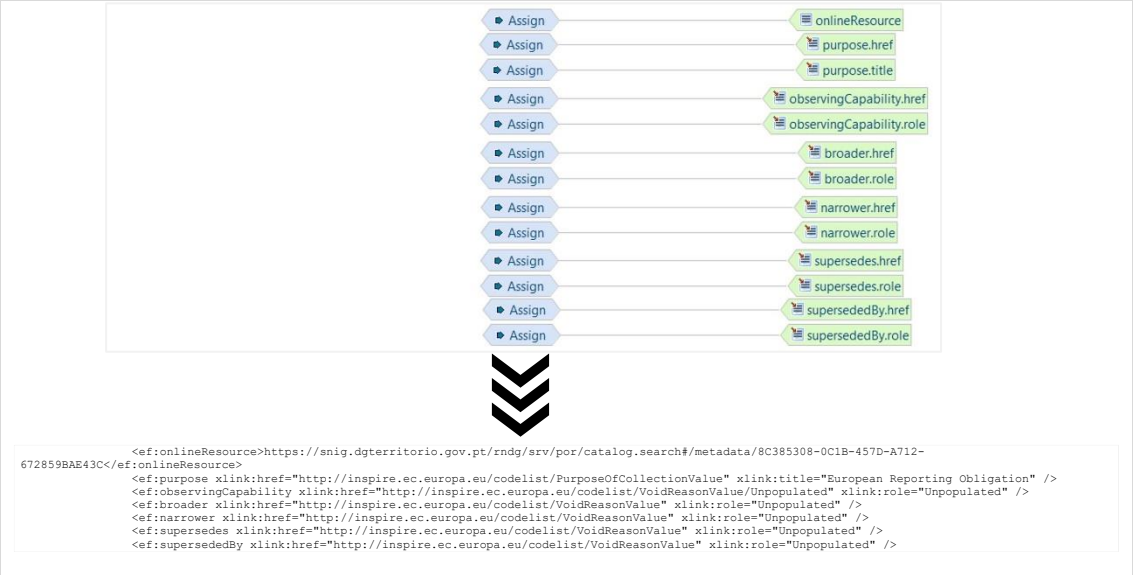


Figura 6-12: Mapeamento dos restantes atributos e associações herdados da superclasse AMO, HALE.

A *Figura 6-13* ilustra outro excerto do ficheiro GML e as respetivas células do mapeamento no *Alignment* do HALE, referente ao atributo *reportedTo* e às associações *hasObservation* e *involvedIn* herdados da subclasse AMF. Também referido na *Secção 6.1*, o atributo *reportedTo*, do tipo *ReportToLegalAct*, cujo atributo *legalAct* é do tipo *LegislationCitation*, inclui os demais elementos que compõem a classe do tipo *data*. No entanto, à semelhança do atributo *legalBackground*, a modelação também foi flexível incluindo-se apenas os mesmos atributos obrigatórios e pertinentes, sem gerar erros no HALE ou no *INSPIRE Validator*. Relativamente às classes *OM_Observation* e *EnvironmentalMonitoringActivity*, as respetivas associações têm o valor *Withheld* e *Unpopulated* e foram criadas as funções *hasObservation.role*, *hasObservation.href*, *involvedIn.role* e *involvedIn.href*, igualmente descrito na *Secção 6.1*.

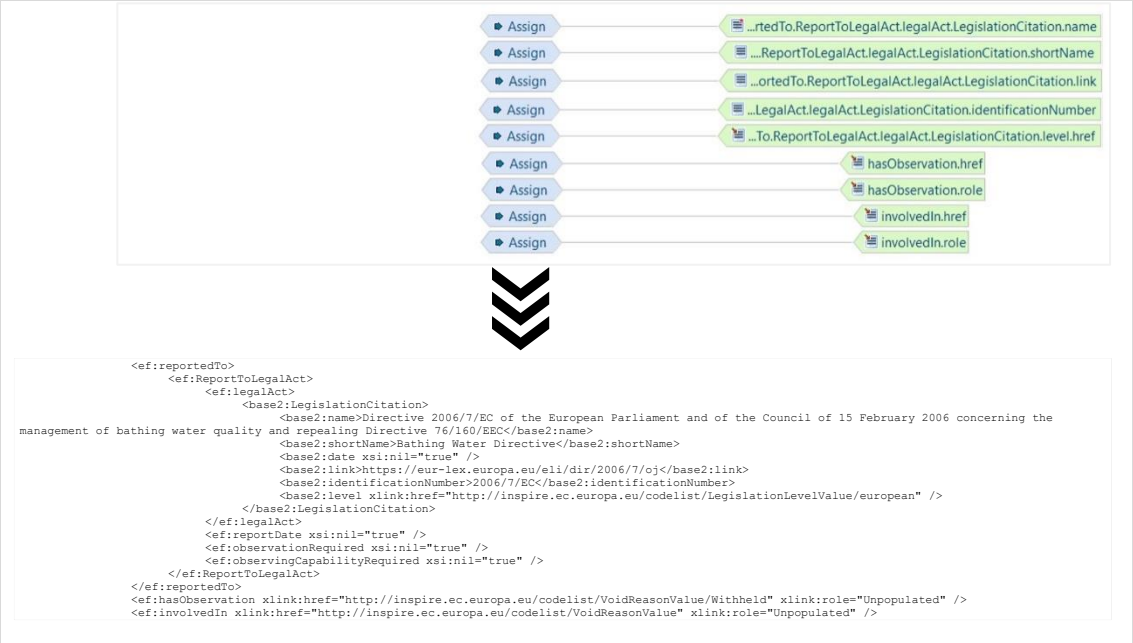


Figura 6-13: Mapeamento dos atributos e associações herdados da subclasse AMF, HALE.

A *Figura 6-14* ilustra o excerto do ficheiro GML e as respetivas células do mapeamento no *Alignment* do HALE, referente aos atributos *representativePoint*, *measurementRegime*, *mobile*, *resultAcquisitionSource*, *specialisedEMFType* e às associações *operationalActivityPeriod*, *relatedTo* e *belongsTo* da classe EMF. O atributo *representativePoint* foi criado através das funções *Ordinates to Point*, *Reproject Geometry* e *Rename*, a partir dos atributos "lat_wgs84", "lon_wgs84" e "the_geom" do modelo de dados fonte de modo a que fossem criados os pontos que representam as instalações com as propriedades referentes às coordenadas e à geometria existentes nos dados fonte. Os atributos *measurementRegime*, *mobile*, *resultAcquisitionSource*, *specialisedEMFType* e as associações *operationalActivityPeriod*, *relatedTo* e *belongsTo* foram criados através da função *Assign*, uma vez que também não existiam no modelo de dados fonte. Como realizado no FME (*Secção 6.1*), para os atributos *measurementRegime*, *resultAcquisitionSource* e *specialisedEMFType* criaram-se para cada um, dois novos atributos, o *measurementRegime.xlink_title* e *measurementRegime.xlink_href*, o *resultAcquisitionSource{0}.xlink_title* e *resultAcquisitionSource{0}.xlink_href* e o *specialisedEMFType.xlink_title* e *specialisedEMFType.xlink_href*. O atributo *mobile* também não implicou a criação de mais atributos associados a não ser ele mesmo, através da função *Assign*. Relativamente às classes *OperationalActivityPeriod*, *AnyDomainLink*, *NetworkFacility* e *EnvironmentalMonitoringNetwork*, como modelado no FME, as respetivas associações têm o valor *Unpopulated* e idêntico às associações das classes *ObservingCapability*, *Hierarchy* e *Genealogy*, foram criadas as funções *operationalActivityPeriod.role*, *operationalActivityPeriod.href*, *belongsTo.role* e *belongsTo.href*. À semelhança do atributo *mobile*, o *relatedTo.AnyDomainLink.comment* também não implicou a criação de mais atributos associados a não ser ele mesmo, através da função *Assign*.

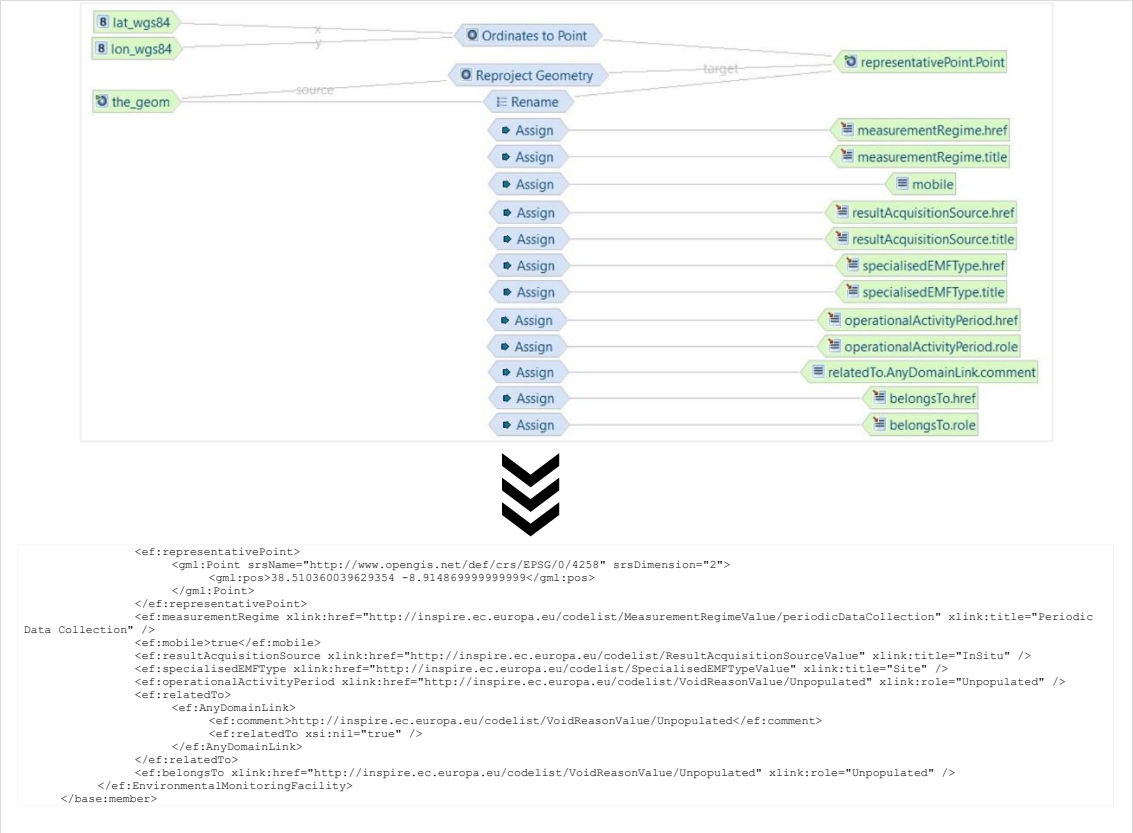
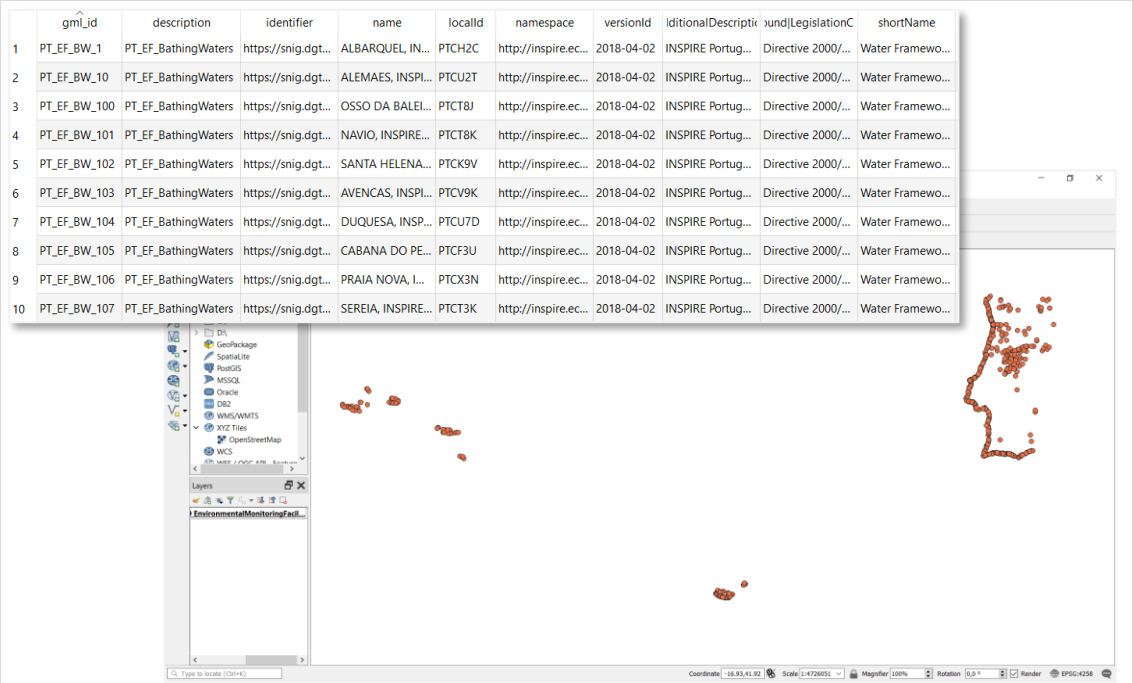


Figura 6-14: Mapeamento dos atributos e associações da subclasse EMF, HALE.

Concluindo, tendo novamente em consideração as restrições de integridade do modelo de dados alvo e as DS do tema EF, garantiu-se que o mapeamento estava completo e correu-se a aplicação. A análise dos dados no *HALE Map perspective* confirmou que o planificado na tabela de correspondência foi seguido e aplicado com sucesso e procedeu-se à exportação do ficheiro GML. O GML exportado pode igualmente ser carregado em qualquer aplicação SIG que suporte o seu formato. A *Figura 6-15* ilustra o ficheiro PT_EF_BW_HALE.gml também importado para o QGIS Desktop 3.12.1, sendo expectável que fosse semelhante ao ficheiro exportado do FME, juntamente com um excerto da respetiva tabela de atributos, cujo resultado também é o esperado, saltando à vista os valores do *gml_id* (UUID) que são mais intuitivos e apelativos que os do ficheiro PT_EF_BW_FME.gml.



	gml_id	description	identifier	name	localId	namespace	versionId	lditionalDescriptic	ound|LegislationC	shortName
1	PT_EF_BW_1	PT_EF_BathingWaters	https://snig.dgt...	ALBARQUEL, IN...	PTCH2C	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
2	PT_EF_BW_10	PT_EF_BathingWaters	https://snig.dgt...	ALEMAES, INSPI...	PTCU2T	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
3	PT_EF_BW_100	PT_EF_BathingWaters	https://snig.dgt...	OSSO DA BALEI...	PTCT8J	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
4	PT_EF_BW_101	PT_EF_BathingWaters	https://snig.dgt...	NAVIO, INSPIRE...	PTCT8K	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
5	PT_EF_BW_102	PT_EF_BathingWaters	https://snig.dgt...	SANTA HELENA...	PTCK9V	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
6	PT_EF_BW_103	PT_EF_BathingWaters	https://snig.dgt...	AVENCAS, INSPI...	PTCV9K	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
7	PT_EF_BW_104	PT_EF_BathingWaters	https://snig.dgt...	DUQUESA, INSP...	PTCU7D	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
8	PT_EF_BW_105	PT_EF_BathingWaters	https://snig.dgt...	CABANA DO PE...	PTCF3U	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
9	PT_EF_BW_106	PT_EF_BathingWaters	https://snig.dgt...	PRAIA NOVA, I...	PTCX3N	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...
10	PT_EF_BW_107	PT_EF_BathingWaters	https://snig.dgt...	SEREIA, INSPIRE...	PTCT3K	http://inspire.ec...	2018-04-02	INSPIRE Portug...	Directive 2000/...	Water Framewo...

Figura 6-15: Visualização do PT_EF_BW_HALE.gml na aplicação informática QGIS 3.12.1.

6.3 Análise das ferramentas de harmonização

Adicionalmente às características gerais indicadas na *Secção 4.2.1*, a presente secção tem como objetivo apresentar uma breve análise às particularidades que mais se destacaram das ferramentas informáticas à qual o presente projeto recorreu. A experiência adquirida com as aplicações FME e HALE, para harmonizar o CDG conforme a Diretiva INSPIRE, permitiu a constatação do que as distingue tecnicamente (*Tabela 6-1*). O FME distingue-se através da variedade de transformadores que exercem operações sob os dados. A modelação torna-se intuitiva e célere com o *AttributeCreator*, possibilitando a criação, num único passo, de todos os atributos e associações que se pretende incluir no conjunto de dados harmonizado. Assim, rapidamente se consegue ter uma visão geral dos demais elementos a transformar, inclusive pela ordem desejada, que por sua vez também ajuda na perceção de outros transformadores que irão ser necessários, restando apenas estabelecer as ligações para o fluxo de dados do *Reader* para o *Writer*. A transformação de dados no FME compreendeu a modelação de 75 elementos. No HALE a modelação implica forçosamente criar os atributos e associações, um a um, passo este em que se determina a função de transformação. A transformação de dados no HALE compreendeu a modelação de 56 elementos. Neste âmbito, a desvantagem é que à medida que os elementos vão sendo criados, as células de mapeamento ficam aleatórias no *Alignment View*, independentemente da ordem que se seguiu ou que se pretende, o que pode originar uma certa confusão ou dúvida de quais os atributos ou associações criados a determinada altura, resultando num processo de transformação menos intuitivo. A confirmação deste aspeto no campo *Target* do *Schema Explorer* auxilia, no entanto, os elementos do esquema fonte também não seguem a ordem esperada no diagrama UML do modelo de dados do EF. Todavia, o mapeamento no *Alignment View* do HALE é intuitivo no que concerne às funções utilizadas e à correspondência existente entre o modelo de dados fonte e alvo, ao contrário do FME que neste aspeto acaba por não ser imediatamente percetível. Curiosamente, a ordem dos elementos no esquema alvo no campo *Target* do *Schema Explorer* também é aleatória, enquanto que no FME, os elementos do esquema alvo no *Writer* estão ordenados como apresentados no diagrama UML, i.e., conforme as classes a que pertencem e pela ordem lógica das mesmas (*Figura 5-8* da *Secção 5.2*). Mesmo assumindo que nesta fase de

transformação de dados tenha sido analisado o modelo de dados e realizado o planeamento através da tabela de correspondência, esta particularidade na aplicação ajuda para que o mapeamento seja mais intuitivo e célere.

Ambas as aplicações permitiram a harmonização do CDG, no entanto o FME demonstrou não ser possível modelar todos os elementos do modelo de dados fonte, como explicado na *Secção 6.1*, relativamente ao atributo *responsibleParty* do tipo *RelatedParty* (*Figura 5-6*) que aparenta não estar completo neste âmbito. O HALE demonstra mais flexibilidade neste aspeto, sendo possível modelar os atributos conforme o modelo de dados alvo, inclusive dispondo de mais tipos de atributos, como descrito na *Secção 6.2* referente aos do tipo *role*, que o FME não tem. Muito positivo é também no HALE a possibilidade de modelar livremente apenas os atributos obrigatórios e pertinentes, particularmente quando estão envolvidos outros modelos de dados base, como o caso das classes *LegislationCitation*, *RelatedParty* e *Contact* do esquema *Base Type 2* do GCM (explicado nas *Secções 6.1* e *6.2*). A *Tabela 6-2* lista os elementos modelados nas aplicações FME e HALE, permitindo uma visão geral da comparação entre si. Deste modo, a harmonização dos dados pode adotar um método mais simples como verificado nos casos do LU e da AT, i.e., incluir apenas os elementos obrigatórios e para os quais se tem informação (*Secção 5.4.3*). Outra particularidade que distingue as aplicações é a definição do elemento *gml:boundedBy*, que no FME é automática, mas que no HALE requer que seja ativo pelo utilizador. Relativamente aos esquemas envolvidos, o HALE é mais amigável uma vez que oferece a opção '*Edit mapping relevant target types*' onde basta ativar os esquemas que se pretendem no âmbito da harmonização, enquanto que no FME não é intuitivo, inclusive requer que o utilizador saiba exatamente quais os pares de esquemas que tem de introduzir no campo *Target xsi:schemaLocation URL* (*Figura 6-2* da *Secção 6.1*). Relativamente ao UUID dos registos (objetos espaciais) do ficheiro GML, o FME tem um transformador próprio, pelo que não é necessário criar o UUID da mesma forma como se cria um atributo do modelo de dados, no entanto o seu valor não é intuitivo comparando com o do HALE, que através da função *Generate sequential Id* cria um UUID sequencial ao qual se pode, adicionalmente, adicionar texto. Consequentemente, neste aspeto, o HALE também é mais vantajoso uma vez que o valor é intuitivo e mais apelativo aquando a consulta num SIG (*Figura 6-15* da *Secção 6.2*).

O HALE sendo uma ferramenta de transformação livre de código aberto tem a vantagem de não constituir um encargo às instituições. O FME, por seu turno, requer uma licença, mas para as instituições que trabalham com as aplicações informáticas da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) é possível obter a extensão *Data Interoperability* que permite executar tarefas de Extração, Transformação e Carregamento (*Extract, Transform, Load*, ETL) sem sair do ambiente ArcGIS. A escolha resultará da aplicação que se adequa melhor às necessidades técnicas e do investimento que as instituições estão recetivas a fazer.

Tabela 6-1: Fatores considerados nas ferramentas de harmonização.

Ferramentas	Fatores considerados
FME	Intuitivo: Elementos do esquema alvo (*Writer*) ordenados como o Diagrama UML do EF.
	Célere: Criação de todos os elementos num só Transformador (*AttributeCreator*).
	Organização (elementos criados e transformadores pela ordem desejada).
	Elemento *gml*:*boundedBy* automático.
HALE	Flexível: Modelação apenas dos elementos obrigatórios e pertinentes.
	Simples: ativação dos esquemas envolvidos (*Edit mapping relevant target types*).
	Completa modelação do modelo de dados alvo (ex.: *responsibleParty*).
	Rápida perceção da correspondência entre o modelo de dados fonte e alvo.
	Outros tipos de atributos destinados às funções de associação (ex.: *role*).
	UUID sequencial e apelativo, ao qual pode adicionar texto (*Generate sequential Id*).

Tabela 6-2: Comparação de elementos modelados entre FME e HALE.

Classes	Elementos		FME	HALE
GML	*gml:id*			✓
	gml_description		✓	✓
	gml_identifier.codeSpace		✓	✓
	gml_identifier		✓	✓
	gml_name		✓	✓
AMO	*inspireId**		✓	✓
	*mediaMonitored**		✓	✓
	name v		✓	✓
	additionalDescription v		✓	✓
	legalBackground v:	*name**	✓	✓
		shortName	✓	✓
		date	✓	
		link	✓	✓
		specificReference	✓	
		identificationNumber	✓	✓
		officialDocumentNumber	✓	
		dateEnteredIntoForce	✓	
		dateRepealed	✓	
		level	✓	✓
		journalCitation	✓	
	responsibleParty v:	*organisationName*		✓
		electronicMailAddress		✓
		website		✓
		role		✓
	onlineResource v		✓	✓
	purpose v		✓	✓
	observingCapability f		✓	✓
	narrower f		✓	✓
	broader f		✓	✓
	supersedes f		✓	✓
	supersededBy f		✓	✓
AMF	*reportedTo v*:	*name**	✓	✓
		shortName	✓	✓
		date	✓	
		link	✓	✓
		specificReference	✓	
		identificationNumber	✓	✓
		officialDocumentNumber	✓	
		dateEnteredIntoForce	✓	
		dateRepealed	✓	
		level	✓	✓
		journalCitation	✓	
		reportDate	✓	
		reportedEnvelope	✓	
		observationRequired	✓	
		observingCapabilityRequired	✓	
		description	✓	
	hasObservation f		✓	✓
	involvedIn f		✓	✓
EMF	*representativePoint v*		✓	✓
	measurementRegime v		✓	✓
	mobile v		✓	✓
	resultAcquisitionSource v		✓	✓
	specialisedEMFType v		✓	✓
	operationalActivityPeriod f		✓	✓
	relatedTo f		✓	✓
	belongsTo f		✓	✓

* atributo obrigatório. *v* atributo *voidable*. *f* função de associação.

7 Validação de dados harmonizados

O presente capítulo descreve os ATS do documento D2.8.II/III.7 *Data Specification on Environmental Monitoring Facilities – Technical Guidelines* [9] (*Tabela 2-5*) e apresenta os resultados obtidos nos serviços de validação utilizados no âmbito do presente trabalho de projeto.

7.1 Parte 1 dos *Abstract Test Suite*

A presente secção descreve os testes da primeira parte dos ATS do tema EF, que se destinam à avaliação da conformidade com o Regulamento ISDSS, organizados em oito classes de conformidade: *Application Schema*, *Reference Systems*, *Data Consistency*, *Data Quality*, *Metadata IR*, *Information Accessibility*, *Data Delivery* e *Portrayal*.

7.1.1 A.1 *Application Schema Conformance Class*

A presente secção descreve os testes que se inserem na classe de conformidade *Application Schema*. O *Schema element denomination test* (*Figura 7-1*) verifica se os elementos do modelo de dados fonte têm um nome específico no modelo de dados alvo.

a) Purpose: Verification whether each element of the dataset under inspection carries a name specified in the target application schema(s).

b) Reference: Art. 3 and Art.4 of Commission Regulation No 1089/2010

c) Test Method: Examine whether the corresponding elements of the source schema (spatial object types, data types, attributes, association roles, code lists, and enumerations) are mapped to the target schema with the correct designation of mnemonic names.

NOTE Further technical information is in the Feature catalogue and UML diagram of the application schema(s) in section 5.2.

Figura 7-1: Estrutura do A.1.1 *Schema element denomination test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Value type test* (*Figura 7-2*) verifica se os atributos e as funções de associação compreendem o tipo de valor especificado no modelo de dados alvo.

a) Purpose: Verification whether all attributes or association roles use the corresponding value types specified in the application schema(s).

b) Reference: Art. 3, Art.4, Art.6(1), Art.6(4), Art.6(5) and Art.9(1)of Commission Regulation No 1089/2010.

c) Test Method: Examine whether the value type of each provided attribute or association role adheres to the corresponding value type specified in the target specification.

NOTE 1 This test comprises testing the value types of INSPIRE identifiers, the value types of attributes and association roles that should be taken from enumeration and code lists, and the coverage domains.

NOTE 2 Further technical information is in the Feature catalogue and UML diagram of the application schema(s) in section 5.2.

Figura 7-2: Estrutura do A.1.2 *Value type test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Value test* (*Figura 7-3*) verifica se os atributos e as funções de associação cujo valor é uma lista de códigos ou enumeração têm os respetivos valores.

a) Purpose: Verify whether all attributes or association roles whose value type is a code list or enumeration take the values set out therein.

b) Reference: Art.4 (3) of Commission Regulation No 1089/2010.

c) Test Method: When an attribute / association role has an enumeration or code list as its type, compare the values of each instance with those provided in the application schema. To pass this tests any instance of an attribute / association role

- shall not take any other value than defined in the enumeration table when its type is an enumeration.
- shall take only values explicitly specified in the code list when the code list's extensibility is "none".
- shall take only a value explicitly specified in the code list or shall take a value that is narrower (i.e. more specific) than those explicitly specified in the application schema when the code list's extensibility is "narrower".

NOTE 1 This test is not applicable to code lists with extensibility "open" or "any".

NOTE 2 When a data provider only uses code lists with narrower (more specific values) this test can be fully performed based on internal information.

Figura 7-3: Estrutura do A.1.3 *Value test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Attributes/ associations completeness test* (*Figura 7-4*) verifica se cada registo dos tipos de objeto espacial e dos tipos de dados incluem todos os atributos e funções de associação, conforme definido no modelo de dados alvo.

a) Purpose: Verification whether each instance of spatial object type and data types include all attributes and association roles as defined in the target application schema.

b) Reference: Art. 3, Art.4(1), Art.4(2), and Art.5(2) of Commission Regulation No 1089/2010.

c) Test Method: Examine whether all attributes and association roles defined for a spatial object type or data type are present for each instance in the dataset.

NOTE 1 Further technical information is in the Feature catalogue and UML diagram of the application schema(s) in section 5.2.

NOTE 2 For all properties defined for a spatial object, a value has to be provided if it exists in or applies to the real world entity – either the corresponding value (if available in the data set maintained by the data provider) or the value of *void*. If the characteristic described by the attribute or association role does not exist in or apply to the real world entity, the attribute or association role does not need to be present in the data set.

Figura 7-4: Estrutura do A.1.4 *Attributes/ associations completeness test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Abstract spatial object test* (*Figura 7-5*) verifica se o CDG não tem as classes ou tipos de dados que são definidos no modelo de dados alvo.

a) Purpose: Verification whether the dataset does NOT contain abstract spatial object / data types defined in the target application schema(s).

b) Reference: Art.5(3) of Commission Regulation No 1089/2010

c) Test Method: Examine that there are NO instances of abstract spatial object / data types in the dataset provided.

NOTE Further technical information is in the Feature catalogue and UML diagram of the application schema(s) in section 5.2.

Figura 7-5: Estrutura do A.1.5 *Abstract spatial object test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Constraints test* (*Figura 7-6*) verifica se os registos dos objetos espaciais ou dos tipos de dados no CDG respeitam as restrições de integridade do modelo de dados alvo.

a) Purpose: Verification whether the instances of spatial object and/or data types provided in the dataset adhere to the constraints specified in the target application schema(s).

b) Reference: Art. 3, Art.4(1), and Art.4(2) of Commission Regulation No 1089/2010.

c) Test Method: Examine all instances of data for the constraints specified for the corresponding spatial object / data type. Each instance shall adhere to all constraints specified in the target application schema(s).

NOTE Further technical information is in the Feature catalogue and UML diagram of the application schema(s) in section 5.2.

Figura 7-6: Estrutura do A.1.6 *Constraints test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Geometry representation test* (*Figura 7-7*) verifica se o domínio definido nas propriedades da geometria está de acordo com o Regulamento ISDSS.

a) Purpose: Verification whether the value domain of spatial properties is restricted as specified in the Commission Regulation No 1089/2010.

b) Reference: Art.12(1), of Commission Regulation No 1089/2010

c) Test Method: Check whether all spatial properties only use 0, 1 and 2-dimensional geometric objects that exist in the right 2-, 3- or 4-dimensional coordinate space, and where all curve interpolations respect the rules specified in the reference documents.

NOTE Further technical information is in OGC Simple Feature spatial schema v1.2.1 [06-103r4].

Figura 7-7: Estrutura do A.1.7 *Geometry representation test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

7.1.2 A.2 *Reference Systems Conformance Class*

A presente secção descreve os testes que se inserem na classe de conformidade *Reference Systems*. O *Datum test* (*Figura 7-8*) verifica se os objetos espaciais estão no sistema de referência exigido nas DS, neste caso o Sistema Europeu de Referência Terrestre 1989 (*European Terrestrial Reference System 1989*, ETRS89) ou o Sistema Internacional de Referência Terrestre (*International Terrestrial Reference System*, ITRS).

a) Purpose: Verify whether each instance of a spatial object type is given with reference to one of the (geodetic) datums specified in the target specification.

c) Reference: Annex II Section 1.2 of Commission Regulation No 1089/2010

b) Test Method: Check whether each instance of a spatial object type specified in the application schema(s) in section 5 has been expressed using:

- the European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) within its geographical scope; or
- the International Terrestrial Reference System (ITRS) for areas beyond the ETRS89 geographical scope; or
- other geodetic coordinate reference systems compliant with the ITRS. Compliant with the ITRS means that the system definition is based on the definition of ITRS and there is a well-established and described relationship between both systems, according to the EN ISO 19111.

NOTE Further technical information is given in Section 6 of this document.

Figura 7-8: Estrutura do A.2.1 *Datum test.* Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Coordinate reference system test* (*Figura 7-9*) verifica se o CDG utiliza as dimensões bidimensionais e tridimensionais e o sistema de referência de coordenadas (CRS) como definido na secção 6 '*Reference systems, units of measure and grids*' das DS, conforme o Regulamento ISDSS.

a) Purpose: Verify whether the two- and three-dimensional coordinate reference systems are used as defined in section 6.

b) Reference: Section 6 of Commission Regulation 1089/2010.

c) Test Method: Inspect whether the horizontal and vertical components of coordinates one of the corresponding coordinate reference system has been:

- Three-dimensional Cartesian coordinates based on a datum specified in 1.2 and using the parameters of the Geodetic Reference System 1980 (GRS80) ellipsoid.
- Three-dimensional geodetic coordinates (latitude, longitude and ellipsoidal height) based on a datum specified in 1.2 and using the parameters of the GRS80 ellipsoid.
- Two-dimensional geodetic coordinates (latitude and longitude) based on a datum specified in 1.2 and using the parameters of the GRS80 ellipsoid.
- Plane coordinates using the ETRS89 Lambert Azimuthal Equal Area coordinate reference system.
- Plane coordinates using the ETRS89 Lambert Conformal Conic coordinate reference system.
- Plane coordinates using the ETRS89 Transverse Mercator coordinate reference system.
- For the vertical component on land, the European Vertical Reference System (EVRS) shall be used to express gravity-related heights within its geographical scope. Other vertical reference systems related to the Earth gravity field shall be used to express gravity-related heights in areas that are outside the geographical scope of EVRS.
- For the vertical component in marine areas where there is an appreciable tidal range (tidal waters), the Lowest Astronomical Tide (LAT) shall be used as the reference surface.
- For the vertical component in marine areas without an appreciable tidal range, in open oceans and effectively in waters that are deeper than 200 meters, the Mean Sea Level (MSL) or a well-defined reference level close to the MSL shall be used as the reference surface."
- For the vertical component in the free atmosphere, barometric pressure, converted to height using ISO 2533:1975 International Standard Atmosphere, or other linear or parametric reference systems shall be used. Where other parametric reference systems are used, these shall be described in an accessible reference using EN ISO 19111-2:2012.

NOTE Further technical information is given in Section 6 of this document.

Figura 7-9: Estrutura do A.2.2 *Coordinate reference system test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Grid test* (*Figura 7-10*) verifica se os dados em formato matricial utilizam o formato *Grid* compatível com o CRS, tal como definido no Regulamento ISDSS. Este teste não se aplica ao presente projeto, uma vez que o formato dos dados é vetorial.

a) Purpose: Verify that gridded data related are available using the grid compatible with one of the coordinate reference systems defined in Commission Regulation No 1089/2010

b) Reference: Annex II Section 2.1 and 2.2 of Commission Regulation 1089/2010.

c) Test Method: Check whether the dataset defined as a grid is compatible with one of the coordinate reference.

- Grid_ETRS89_GRS80 based on two-dimensional geodetic coordinates using the parameters of the GRS80 ellipsoid
- Grid_ETRS89_GRS80zn based on two-dimensional geodetic coordinates with zoning,
- Plane coordinates using the Lambert Azimuthal Equal Area projection and the parameters of the GRS80 ellipsoid (ETRS89-LAEA)
- Plane coordinates using the Lambert Conformal Conic projection and the parameters of the GRS80 ellipsoid (ETRS89-LCC)
- Plane coordinates using the Transverse Mercator projection and the parameters of the GRS80 ellipsoid (ETRS89-TMzn)

NOTE Further technical information is given in Section 6 of this document.

Figura 7-10: Estrutura do A.2.3 *Grid test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *View service coordinate reference system test* (*Figura 7-11*) verifica se o CDG se encontra no sistema de coordenadas geodésicas bidimensionais para a sua exibição no Serviço de Visualização INSPIRE.

a) Purpose: Verify whether the spatial data set is available in the two dimensional geodetic coordinate system for their display with the INSPIRE View Service.

b) Reference: Annex II Section 1.4 of Commission Regulation 1089/2010

c) Test Method: Check that each instance of a spatial object types specified in the application schema(s) in section 5 is available in the two-dimensional geodetic coordinate system

NOTE Further technical information is given in Section 6 of this document.

Figura 7-11: Estrutura do A.2.4 *View service coordinate reference system test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Temporal reference system test* (*Figura 7-12*) verifica se os valores do tipo data e hora estão em conformidade com o Regulamento ISDSS.

a) Purpose: Verify whether date and time values are given as specified in Commission Regulation No 1089/2010.

b) Reference: Art.11(1) of Commission Regulation 1089/2010

c) Test Method: Check whether:

- the Gregorian calendar is used as a reference system for date values;
- the Universal Time Coordinated (UTC) or the local time including the time zone as an offset from UTC are used as a reference system for time values.

NOTE Further technical information is given in Section 6 of this document.

Figura 7-12: Estrutura do A.2.5 *Temporal reference system test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Units of measurements test* (*Figura 7-13*) verifica se as unidades de medida utilizadas estão em conformidade com o Regulamento ISDSS.

a) Purpose: Verify whether all measurements are expressed as specified in Commission Regulation No 1089/2010.

b) Reference: Art.12(2) of Commission Regulation 1089/2010

c) Test Method: Check whether all measurements are expressed in SI units or non-SI units accepted for use with the International System of Units.

NOTE 1 Further technical information is given in ISO 80000-1:2009.

NOTE 2 Degrees, minutes and seconds are non-SI units accepted for use with the International System of Units for expressing measurements of angles.

Figura 7-13: Estrutura do A.2.6 *Units of measurements test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

7.1.3 A.3 *Data Consistency Conformance Class*

A presente secção descreve os testes que se inserem na classe de conformidade *Data Consistency*. O *Unique identifier persistency test* (*Figura 7-14*) verifica se os atributos *namespace* e *localId* do *inspireID* (UID do objeto espacial) não sofrem alterações.

a) Purpose: Verify whether the namespace and localId attributes of the external object identifier remain the same for different versions of a spatial object.

b) Reference: Art. 9 of Commission Regulation 1089/2010.

c) Test Method: Compare the namespace and localId attributes of the external object identifiers in the previous version(s) of the dataset with the namespace and localId attributes of the external object identifiers of current version for the same instances of spatial object / data types; To pass the test, neither the namespace, nor the localId shall be changed during the life-cycle of a spatial object.

NOTE 1 This test can be performed exclusively on the basis of the information available in the database of the data providers.

NOTE 2 When using URI this test includes the verification whether no part of the construct has been changed during the life cycle of the instances of spatial object / data types.

NOTE 3 Further technical information is given in section 14.2 of the INSPIRE Generic Conceptual Model.

Figura 7-14: Estrutura do A.3.1 *Unique identifier persistency test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Version consistency test* (*Figura 7-15*) verifica se o tipo e a consistência dos UID se mantêm, na existência de várias versões dos registos do CDG.

a) Purpose: Verify whether different versions of the same spatial object / data type instance belong to the same type.

b) Reference: Art. 9 of Commission Regulation 1089/2010.

c) Test Method: Compare the types of different versions for each instance of spatial object / data type

NOTE 1 This test can be performed exclusively on the basis of the information available in the database of the data providers.

Figura 7-15: Estrutura do A.3.2 *Version consistency test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Life cycle time sequence test* (*Figura 7-16*) verifica se o valor do atributo *beginLifespanVersion* se refere a um momento anterior no tempo, relativamente ao valor do atributo *endLifespanVersion*.

a) Purpose: Verification whether the value of the attribute beginLifespanVersion refers to an earlier moment of time than the value of the attribute endLifespanVersion for every spatial object / object type where this property is specified.

b) Reference: Art.10(3) of Commission Regulation 1089/2010.

c) Test Method: Compare the value of the attribute beginLifespanVersion with attribute endLifespanVersion. The test is passed when the beginLifespanVersion value is before endLifespanVersion value for each instance of all spatial object/data types for which this attribute has been defined.

NOTE 1 This test can be performed exclusively on the basis of the information available in the database of the data providers.

Figura 7-16: Estrutura do A.3.3 *Life cycle time sequence test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Validity time sequence test* (*Figura 7-17*) verifica se o valor do atributo *validFrom* se refere a um momento anterior no tempo, relativamente ao valor do atributo *validTo*.

a) Purpose: Verification whether the value of the attribute validFrom refers to an earlier moment of time than the value of the attribute validTo for every spatial object / object type where this property is specified.

b) Reference: Art.12(3) of Commission Regulation 1089/2010.

c) Test Method: Compare the value of the attribute validFrom with attribute validTo. The test is passed when the validFrom value is before validTo value for each instance of all spatial object/data types for which this attribute has been defined.

NOTE 1 This test can be performed exclusively on the basis of the information available in the database of the data providers.

Figura 7-17: Estrutura do A.3.4 *Validity time sequence test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Update frequency test* (*Figura 7-18*) verifica se todas as atualizações nos CDG fonte foram disponibilizadas aos CDG harmonizados do tema EF que podem ser obtidos através de serviços de descarregamento INSPIRE.

a) Purpose: Verify whether all the updates in the source dataset(s) have been transmitted to the dataset(s) which can be retrieved for the EF data theme using INSPIRE download services.

b) Reference: Art.8 (2) of Commission Regulation 1089/2010.

c) Test Method: Compare the values of beginning of life cycle information in the source and the target datasets for each instance of corresponding spatial object / object types. The test is passed when the difference between the corresponding values is less than 6 months.

NOTE 1 This test can be performed exclusively on the basis of the information available in the database of the data providers.

Figura 7-18: Estrutura do A.3.5 *Update frequency test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

7.1.4 A.4 *Data Quality Conformance Class*

O *Data Quality Conformance Class*, no âmbito do tema EF, consiste nos testes que verificam a consistência lógica e conceptual inseridos na classe de conformidade *Application Schema* (A.1), como especificado na secção 7 '*Data quality*', das DS.

7.1.5 A.5 *Metadata IR Conformance Class*

A presente secção descreve os testes que se inserem na classe de conformidade *Metadata IR*. O *Metadata for interoperability test* (*Figura 7-19*) verifica se os metadados dos CSDG foram criados e publicados de acordo com o Regulamento ISDSS.

a) Purpose: Verify whether the metadata for interoperability of spatial data sets and services described in 1089/2010 Commission Regulation have been created and published for each dataset related to the EF data theme.

b) Reference: Art.13 of Commission Regulation 1089/2010

c) Test Method: Inspect whether metadata describing the coordinate reference systems, encoding and spatial representation type have been created and published. If the spatial data set contains temporal information that does not refer to the default temporal reference system, inspect whether metadata describing the temporal reference system have been created and published. If an encoding is used that is not based on UTF-8, inspect whether metadata describing the character encoding have been created.

NOTE Further technical information is given in section 8 of this document.

Figura 7-19: Estrutura do A.5.1 *Metadata for interoperability test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

7.1.6 A.6 *Information Accessibility Conformance Class*

A presente secção descreve os testes que se inserem na classe de conformidade *Information Accessibility*. O *Code list publication test* (*Figura 7-20*) verifica se as listas de códigos a que modelo de dados alvo recorre estão publicados num registo.

a) Purpose: Verify whether all additional values used in the data sets for attributes, for which narrower values or any other value than specified in Commission Regulation 1089/2010 are allowed, are published in a register.

b) Reference: Art.6(3) and Annex IV Section 7.3

c) Test method: For each additional value used in the data sets for code list-valued attributes, check whether it is published in a register.

NOTE Further technical information is given in section 5 of this document.

Figura 7-20: Estrutura do A.6.1 *Code list publication test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *CRS publication test* (*Figura 7-21*) verifica se os identificadores e parâmetros do CRS dos CDG harmonizados estão publicados em registos comuns.

a) Purpose: Verify whether the identifiers and the parameters of coordinate reference system are published in common registers.

b) Reference: Annex II Section 1.5

c) Test method: Check whether the identifier and the parameter of the CRS used for the dataset are included in a register. .

NOTE Further technical information is given in section 6 of this document.

Figura 7-21: Estrutura do A.6.2 *CRS publication test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *CRS identification test* (*Figura 7-22*) verifica se, na existência de identificadores e parâmetros de outros CRS que não especificados no Regulamento ISDSS, estes estão descritos conforme as normas ISO 19111 e ISO 19127.

a) Purpose: Verify whether identifiers for other coordinate reference systems than specified in Commission Regulation 1089/2010 have been created and their parameters have been described according to EN ISO 19111 and ISO 19127.

b) Reference: Annex II Section 1.3.4

c) Test method: Check whether the register with the identifiers of the coordinate reference systems is accessible.

NOTE Further technical information is given in section 6 of this document.

Figura 7-22: Estrutura do A.6.3 *CRS identification test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Grid identification test* (*Figura 7-23*) verifica se, na existência de identificadores e parâmetros de outros sistemas de *Grid* que não especificados no Regulamento ISDSS, estes estão descritos com os dados ou referenciados.

a) Purpose: Verify whether identifiers for other geographic grid systems than specified in Commission Regulation 1089/2010 have been created and their definitions have been either described with the data or referenced.

b) Reference: Annex II Section 2.1 and 2.2

c) Test Method: Check whether the identifiers for grids have been created. Inspect the dataset and/or the metadata for inclusion of grid definition.

NOTE Further technical information is given in section 6 of this document.

Figura 7-23: Estrutura do A.6.4 *Grid identification test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

7.1.7 A.7 *Data Delivery Conformance Class*

A presente secção descreve os testes que se inserem na classe de conformidade *Data Delivery*. O *Encoding compliance test* (*Figura 7-24*) verifica se a codificação utilizada na publicação do CDG está em conformidade com a norma ISO 19118.

a) Purpose: Verify whether the encoding used to deliver the dataset comply with EN ISO 19118.

b) Reference: Art.7 (1) of Commission Regulation 1089/2010.

c) Test Method: Follow the steps of the Abstract Test Suit provided in EN ISO 19118.

NOTE 1 Datasets using the default encoding specified in Section 9 fulfil this requirement.

NOTE 2 Further technical information is given in Section 9 of this document.

Figura 7-24: Estrutura do A.7.1 *Encoding compliance test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

7.1.8 A.8 Portrayal Conformance Class

A presente secção descreve os testes que se inserem na classe de conformidade *Portrayal*. O *Layer designation test* (*Figura 7-25*) verifica se cada objeto espacial foi atribuído à camada correta em conformidade com o Regulamento ISDSS.

a) Purpose: verify whether each spatial object type has been assigned to the layer designated according to Commission Regulation 1089/2010.

b) Reference: Art. 14(1), Art14(2) and Annex IV Section 7.4.

c) Test Method: Check whether data is made available for the view network service using the specified layers respectively:

- EF.EnvironmentalMonitoringFacilities
- EF.EnvironmentalMonitoringNetworks
- EF.EnvironmentalMonitoringProgrammes

NOTE Further technical information is given in section 11 of this document.

Figura 7-25: Estrutura do A.8.1 *Layer designation test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

7.2 Parte 2 dos *Abstract Test Suite*

A presente secção descreve os testes da segunda parte dos ATS do tema EF, que se destinam à avaliação da conformidade com as TG e correspondentes IRs presentes na DS, organizados na classe de conformidade: *Technical Guideline*.

7.2.1 A.9 *Technical Guideline Conformance Class*

A presente secção descreve os testes que se inserem na classe de conformidade *Technical Guideline*. O *Multiplicity test* (*Figura 7-26*) verifica se a multiplicidade dos atributos e das funções de associação do modelo de dados alvo é cumprido de acordo com a secção 5 '*Data content and structure*', das DS.

a) Purpose: Verify whether each instance of an attribute or association role specified in the application schema(s) does not include fewer or more occurrences than specified in section 5.

c) Reference: Feature catalogue and UML diagram of the application schema(s) in section 5 of this guideline.

b) Test Method: Examine that the number of occurrences of each attribute and/or association role for each instance of a spatial object type or data type provided in the dataset corresponds to the number of occurrences of the attribute / association role that is specified in the application schema(s) in section 5.

Figura 7-26: Estrutura do A.9.1 *Multiplicity test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *CRS http URI test* (*Figura 7-27*) verifica se o CRS utilizado no CDG é identificável pelo URI, de acordo com o registo do *European Petroleum Survey Group* (EPSG), para se fornecer os dados nos Serviços de Rede INSPIRE.

a) Purpose: Verify whether the coordinate reference system used to deliver data for INSPIRE network services has been identified by URIs according to the EPSG register.

c) Reference: Table 2 in Section 6 of this technical guideline

b) Test Method: Compare the URI of the dataset with the URIs in the table.

NOTE 1 Passing this test implies the fulfilment of test A6.2

NOTE 2 Further reference please see *http://www.epsg.org/geodetic.html*

Figura 7-27: Estrutura do A.9.1 *CRS http URI test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Metadata encoding schema validation test* (*Figura 7-28*) verifica se os metadados compreendem um esquema XML em conformidade com a norma ISO/ TS 19139.

a) Purpose: Verify whether the metadata follows an XML schema specified in ISO/TS 19139.

c) Reference: Section 8 of this technical guideline, ISO/TS 19139

b) Test Method: Inspect whether provided XML schema is conformant to the encoding specified in ISO 19139 for each metadata instance.

NOTE 1 Section 2.1.2 of the Metadata Technical Guidelines discusses the different ISO 19139 XML schemas that are currently available.

Figura 7-28: Estrutura do A.9.2 *Metadata encoding schema validation test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Metadata occurrence test* (*Figura 7-29*) verifica se o número de ocorrências de cada elemento dos metadados está de acordo com a secção 8 '*Dataset-level metadata*', das DS.

a) Purpose: Verify whether the occurrence of each metadata element corresponds to those specified in section 8.

c) Reference: Section 8 of this technical guideline

b) Test Method: Examine the number of occurrences for each metadata element. The number of occurrences shall be compared with its occurrence specified in Section 8:

NOTE 1 Section 2.1.2 of the Metadata Technical Guidelines discusses the different ISO 19139 XML schema

Figura 7-29: Estrutura do A.9.3 *Metadata occurrence test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Metadata consistency test* (*Figura 7-30*) verifica se os caminhos (*path*) de cada elemento dos metadados está de acordo com a norma ISO/ TS 19139.

a) Purpose: Verify whether the metadata elements follow the path specified in ISO/TS 19139.

c) Reference: Section 8 of this technical guideline, ISO/TS 19139

b) Test Method: Compare the XML schema of each metadata element with the path provide in ISO/TS 19137.

NOTE 1 This test does not apply to the metadata elements that are not included in ISO/TS 19139.

Figura 7-30: Estrutura do A.9.4 *Metadata consistency test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Encoding schema validation test* (*Figura 7-31*) verifica se o CDG acata as regras de codificação de acordo com a secção 9.3 '*Encodings*', das DS.

a) Purpose: Verify whether the provided dataset follows the rules of default encoding specified in section 9 of this document

c) Reference: section 9 of this technical guideline

b) Test Method: Inspect whether provided encoding(s) is conformant to the encoding(s) for the relevant application schema(s) as defined in section 9:

NOTE 1 Applying this test to the default encoding schema described in section 9 facilitates testing conformity with the application schema specified in section 5. In such cases running this test with positive result may replace tests from A1.1 to A1.4 provided in this abstract test suite.

NOTE 2 Using Schematron or other schema validation tool may significantly improve the validation process, because some some complex constraints of the schema cannot be validated using the simple XSD validation process. On the contrary to XSDs Schematron rules are not delivered together with the INSPIRE data specifications. Automating the process of validation (e.g. creation of Schematron rules) is therefore a task and an opportunity for data providers.

Figura 7-31: Estrutura do A.9.5 *Encoding schema validation test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Coverage multipart representation test* (*Figura 7-32*) verifica se os dados *coverage* codificados estão de acordo com a classe de conformidade *multipart representation* definida no GML *Application Schema for Coverages* [OGC 09-146r2]. No entanto, este teste não se aplica ao presente projeto.

a) Purpose: Verify whether coverage data encoded as multipart messages comply with the multipart representation conformance class defined in GML Application Schema for Coverages [OGC 09-146r2].

b) Reference: OGC standard GML Application Schema for Coverages [OGC 09-146r2].

c) Test Method: Inspect whether coverage data encoded as multipart messages comply with the multipart representation conformance class defined in GML Application Schema for Coverages [OGC 09-146r2].

NOTE further information is provided in section 9.4 of this technical guideline.

Figura 7-32: Estrutura do A.9.6 *Coverage multipart representation test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Coverage domain consistency test* (*Figura 7-33*) verifica se o domínio dos dados *coverage* codificados está de acordo com o modelo de dados. No entanto, este teste também não se aplica ao presente projeto.

a) Purpose: Verify whether the encoded coverage domain is consistent with the information provided in the GML application schema.

b) Reference: Section 9.4.1.2 of this technical guideline.

c) Test Method: For multipart coverage messages compare the encoded coverage domain with the description of the coverage component in the GML application schema

NOTE 1 This test applies only to those multipart messages, where the coverage range is encoded together with the coverage domain (some binary formats).

NOTE 2 .This test does not apply to multipart messages where the coverage range is embedded without describing the data structure (e.g. text based formats).

Figura 7-33: Estrutura do A.9.7 *Coverage domain consistency test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

O *Style test* (*Figura 7-34*) verifica se foram cumpridos os estilos definidos na secção 11.2 '*Styles required to be supported by INSPIRE view services*', das DS.

a) Purpose: Verify whether the styles defined in section 11.2 have been made available for each specified layer.

b) Reference: section 11.2.

c) Test Method: Check whether the styles defined in section 11.2 have been made available for each specified layer.

Figura 7-34: Estrutura do A.9.8 *Style test*. Fonte: INSPIRE (2013) [9].

7.3 Resultados dos serviços de validação

A presente secção descreve os resultados da validação de cada ficheiro GML gerado, nos testes automáticos do *INSPIRE Validator* e do *eENVplus Validation Service*. O presente projeto primou o *INSPIRE Validator*, todavia, foi desejado submeter os ficheiros ao *eENVplus Validation Service* para comparação. Os resultados apresentam diferenças que poderão resultar da diferente interpretação das normas por cada serviço [41]. O *INSPIRE Validator* oferece, para os CDG harmonizados no formato GML, os ETS indicados na *Figura 7-35*, que se inserem nas classes de conformidade: *Data consistency*, *INSPIRE GML Application Schema*, *Information accessibility* e *Reference systems*.

Figura 7-35: ETS do *INSPIRE Validator* para conjuntos de dados interoperáveis. Fonte: *INSPIRE Validator*.

Todos os conjuntos de testes incluem o conjunto *Conformance class*: *INSPIRE GML encoding* e testes que se inserem nas classes de conformidade mencionadas nas *Secções 7.1* e *7.2*. O *eENVplus Validation Service* disponibiliza para o tema EF, os ETS indicados na *Figura 7-36*, que se inserem nas classes de conformidade *Application Schema*, *Data Delivery* e *Technical Guideline*.

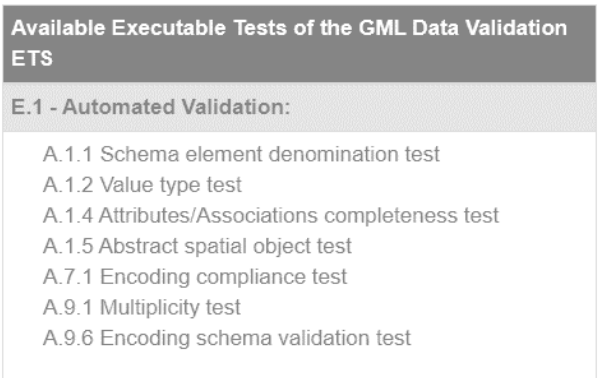


Figura 7-36: ETS para o tema EF. Fonte: *eENVplus Validation Service*.

7.3.1 Ficheiro PT_EF_BW_FME.gml

A presente secção refere-se à validação do ficheiro GML gerado na aplicação FME, designado por PT_EF_BW_FME.gml.

7.3.1.1 Resultados do INSPIRE Validator

O conjunto de testes *Conformance class*: *Data consistency*, *General requirements* (*Figura 7-37*), aprova o ficheiro GML mas faz referência que é necessário verificar manualmente as secções *Unique identifier persistency* e *Spatial Object type stable*, respeitantes ao teste *Version consistency*. Este alerta é de fácil resolução, sendo apenas necessário que a APA proceda, nos valores dos atributos *localId* e *namespace*, de acordo com o documento *D2.7: Guidelines for the encoding of spatial data, Version 3.1* [42].

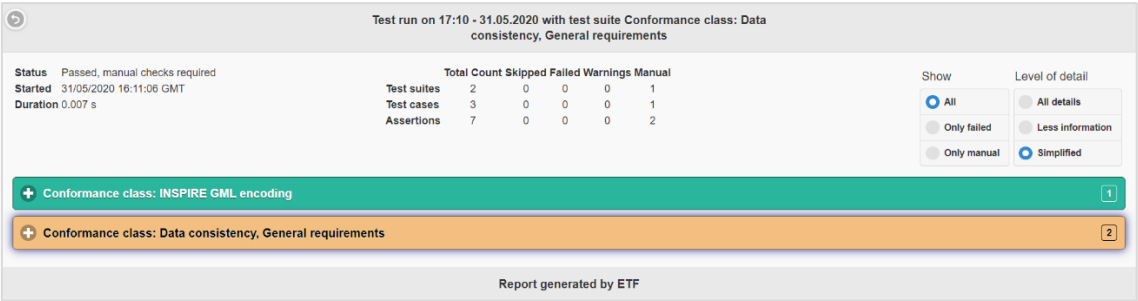


Figura 7-37: Resultado de *Conformance class*: *Data consistency*, *General requirements* (1).

O conjunto de testes *Conformance class*: *INSPIRE GML application schemas*, *General requirements* (*Figura 7-38*), aprova o ficheiro GML mas faz referência que é necessário verificar manualmente as secções *Mapping of source data to INSPIRE* e *Modelling of additional spatial object types*, respeitantes ao teste *Schema*. Este alerta deveu-se a atributos que não foram modelados, por exemplo, os elementos "lat_wgs84" e "lon_wgs84" do modelo de dados fonte, à semelhança do explicado na *Secção 5.1*.

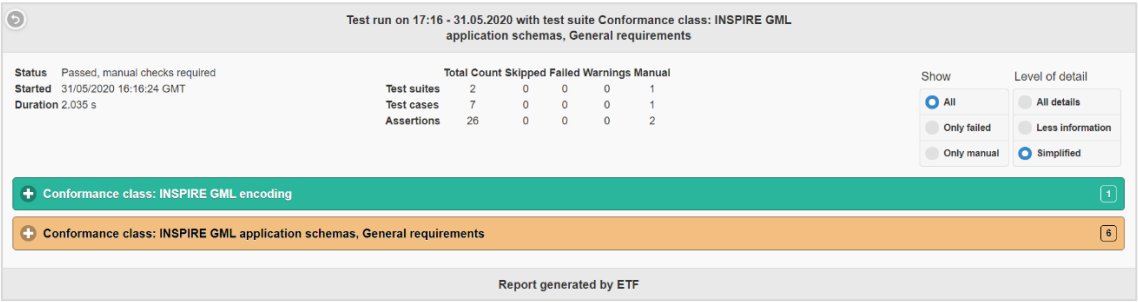


Figura 7-38: Resultado de *Conformance class*: *INSPIRE GML application schemas*, *General requirements* (1).

O conjunto de testes *Conformance class*: *Information accessibility*, *General requirements* (*Figura 7-39*), aprova o ficheiro GML.

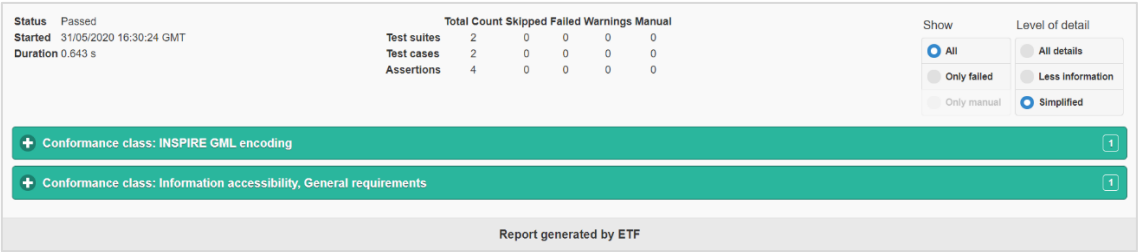


Figura 7-39: Resultado de *Conformance class*: *Information accessibility*, *General requirements* (1).

O conjunto de testes *Conformance class*: *Reference systems*, *General requirements* (*Figura 7-40*), reprova o ficheiro GML, no entanto este resultado é esperado, porque o erro foi propositado, uma vez que a APA pretendeu para seu próprio repositório, a harmonização do CDG com as instalações de monitorização do ambiente das águas balneares de Portugal (continente e ilhas), adotando um CRS que não está previsto na presente diretiva, o sistema WGS84. Uma vez que o reporte pela APA, no âmbito da Diretiva INSPIRE, será apenas das instalações situadas no continente, este erro é ultrapassável, excluindo as instalações situadas nas ilhas e adotando o sistema ETRS89.

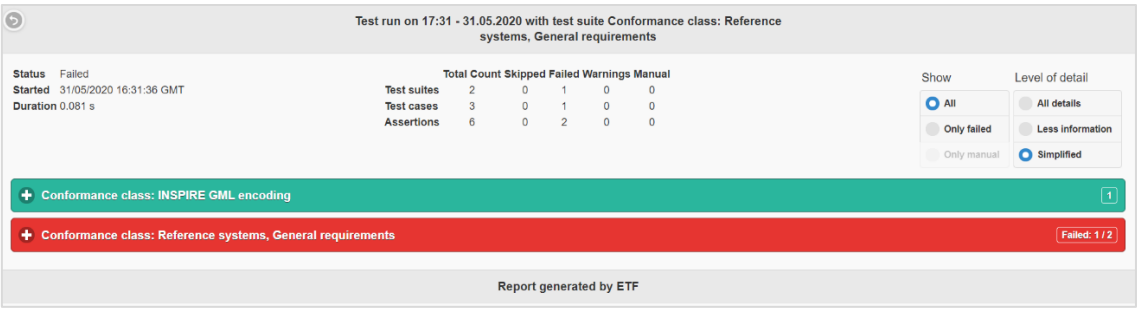


Figura 7-40: Resultado de *Conformance class: Reference systems, General requirements* (1).

7.3.1.2 Resultados do eENVplus Validation Service

O conjunto de testes no *E.1 – Automated Validation* reprova o ficheiro GML na componente *GML Documents*, devido aos elementos *LegislationCitation* e *AnyDomainLink* presentes nos atributos *legalBackground*, *reportedTo* e *relatedTo*. Para solucionar este erro, deverá ser modelada uma *foreign key* do objeto espacial em cada um dos respetivos elementos. O resultado da sessão de validação no *eENVplus Validation Service* é ilustrada na *Figura 7-41*.

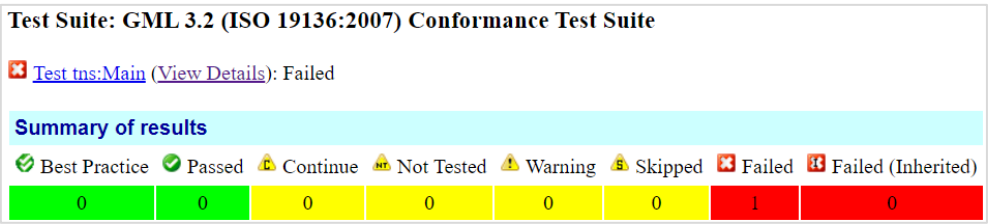


Figura 7-41: Resultado da sessão de validação do PT_EF_BW_FME.gml.

A vista geral dos ATS realizados no *eENVplus Validation Service* é ilustrada na *Figura 7-42*, onde estão discriminados os testes e as percentagens de validação. Relativamente aos testes *All GML application schemas*, *GML application schemas defining features and feature collections*, *GML application schemas defining spatial geometries*, *GML application schemas defining time*, *GML application schemas defining spatial topologies*, o ficheiro é validado como 100% correto. Referente ao teste *GML Documents*, o ficheiro é validado como 44% correto, curiosamente, comparando com o resultado da *Conformance class*: *Reference systems*, *General requirements* do *INSPIRE Validator* (*Figura 7-40*) o *eENVplus Validation Service* não acusou o CRS do ficheiro PT_EF_BW_FME.gml. O balanço final avalia o ficheiro GML como 70% correto, sendo que a percentagem de reprovação corresponde a 3%.

Figura 7-42: Vista geral dos resultados de PT_EF_BW_FME.gml.

7.3.2 Ficheiro PT_EF_BW_HALE.gml

A presente secção refere-se à validação do GML gerado na aplicação HALE, designado por PT_EF_BW_HALE.gml.

7.3.2.1 *Resultados do INSPIRE Validator*

O conjunto de testes *Conformance class*: *Data consistency*, *General requirements* (*Figura 7-43*), à semelhança do resultado relativo ao PT_EF_BW_FME.gml (*Figura 7-37*), aprova o ficheiro GML exportado da ferramenta HALE mas faz igualmente referência que é necessário verificar manualmente as secções *Unique identifier persistency* e *Spatial Object type stable*, respeitantes ao teste *Version consistency*, como explicado na *Secção 7.3.1.1*.

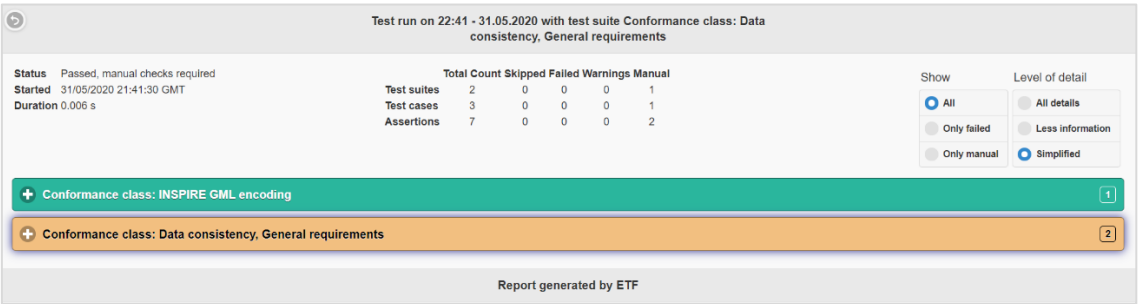


Figura 7-43: Resultado de *Conformance class*: *Data consistency*, *General requirements* (2).

O conjunto de testes *Conformance class*: *INSPIRE GML application schemas*, *General requirements* (*Figura 7-44*), aprova o ficheiro GML mas também alerta, à semelhança do resultado da *Secção 7.3.1.1* (*Figura 7-38*), que é necessário verificar manualmente as secções *Mapping of source data to INSPIRE* e *Modelling of additional spatial object types*, respeitantes ao teste *Schema*.

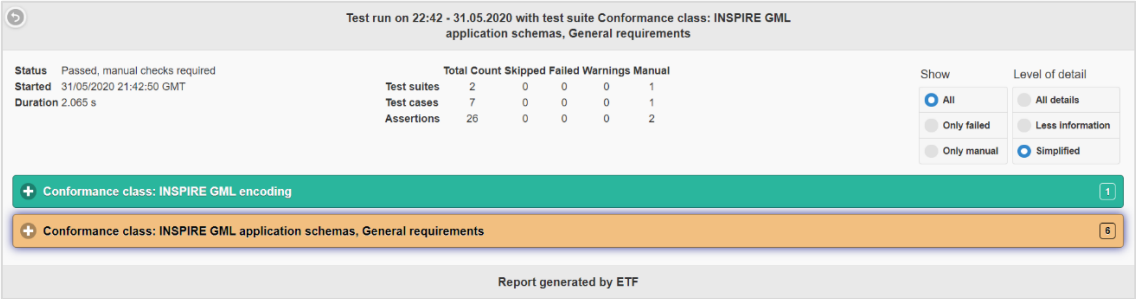


Figura 7-44: Resultado de *Conformance class*: *INSPIRE GML application schemas*, *General requirements* (2).

O conjunto de testes *Conformance class*: *Information accessibility*, *General requirements* (*Figura 7-45*), também aprova o ficheiro PT_EF_BW_HALE.gml.

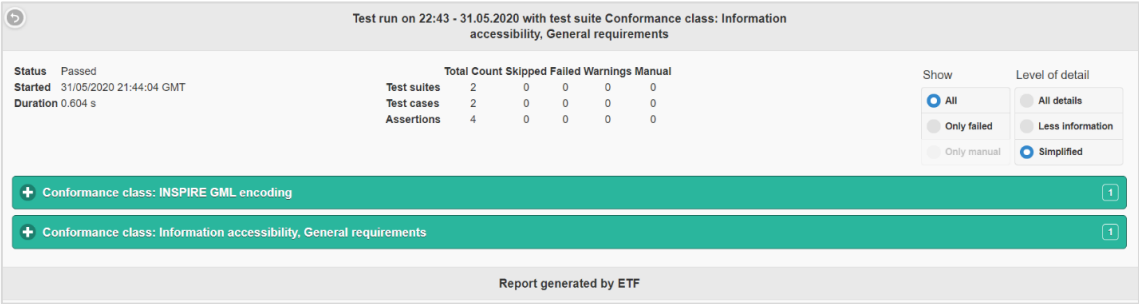


Figura 7-45: Resultado de *Conformance class*: *Information accessibility*, *General requirements* (2).

O conjunto de testes *Conformance class*: *Reference systems*, *General requirements* (*Figura 7-46*), aprova o ficheiro GML exportado da ferramenta HALE, ao contrário do expectável (*Figura 7-40*), uma vez que o CRS não é o pretendido pela Diretiva INSPIRE, como explicado na *Secção 7.3.1.1*.

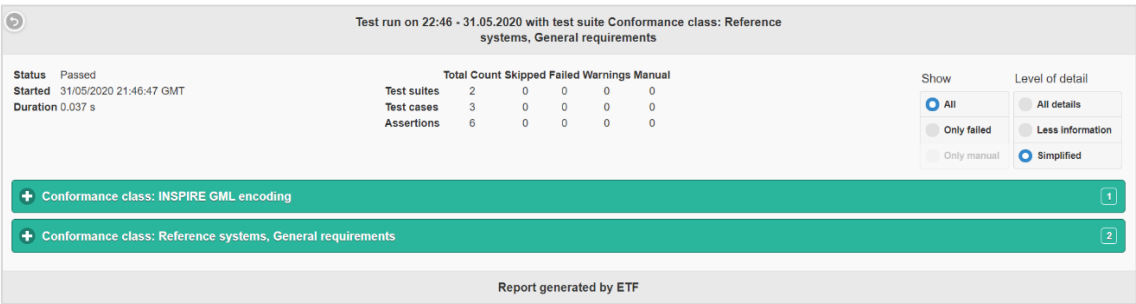


Figura 7-46: Resultado de *Conformance class*: *Reference systems*, *General requirements* (2).

7.3.2.2 Resultados do eENVplus Validation Service

O conjunto de testes no *E.1 – Automated Validation* também reprova o ficheiro PT_EF_BW_HALE.gml na componente *GML Documents*, devido aos elementos que pertencem às classes *LegislationCitation* e *AnyDomainLink*, como no caso do ficheiro PT_EF_BW_FME.gml. Adicionalmente, também é devido ao elemento *base:SpatialDataSet* do GML e ao atributo *representativePoint*, sendo que para solucionar este erro também deverão ser modeladas as *foreign key* do CDG e do objeto espacial. Curiosamente, uma vez que foi modelado na ferramenta HALE (ao contrário da ferramenta FME) e à semelhança da modelação realizada nos atributos *legalBackground* e *reportedTo*, o atributo *responsibleParty* do tipo *RelatedParty* não despontou erro. O resultado da sessão de validação, no *eENVplus Validation Service*, do ficheiro PT_EF_BW_HALE.gml é ilustrado na *Figura 7-47*.

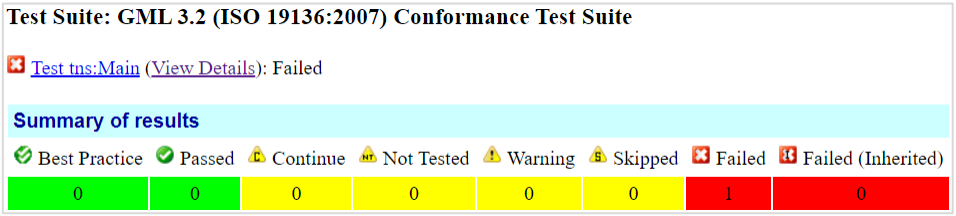


Figura 7-47: Resultado da sessão de validação do PT_EF_BW_HALE.gml.

A vista geral dos ATS realizados no *eENVplus Validation Service*, ao ficheiro PT_EF_BW_HALE.gml, é ilustrada na *Figura 7-48*, que também detalha os testes e as percentagens de validação. Mais uma vez, relativamente aos testes *All GML application schemas*, *GML application schemas defining features and feature collections*, *GML application schemas defining spatial geometries*, *GML application schemas defining time*, *GML application schemas defining spatial topologies*, o ficheiro é validado como 100% correto, como o ficheiro PT_EF_BW_FME.gml. Referente ao teste *GML Documents*, o ficheiro é validado como 28% correto, por sinal, comparando com o resultado da *Conformance class*: *Reference systems*, *General requirements* do *INSPIRE Validator* (*Figura 7-46*) o *eENVplus Validation Service* acusou o sistema WGS84. O balanço final avalia o ficheiro GML como 61% correto, sendo que a percentagem de reprovação corresponde a 6%.

Figura 7-48: Vista geral dos resultados de PT_EF_BW_HALE.gml.

8 Conclusões

O presente capítulo tem como objetivo apresentar as conclusões do trabalho realizado no âmbito da harmonização do CDG Águas balneares de Portugal em conformidade com a Diretiva INSPIRE, descrevendo as consequências e implicações, as dificuldades e limitações e as novas perspetivas.

8.1 Consequências e implicações

A APA, sendo a autoridade nacional da água, identifica, gere, monitoriza e classifica a qualidade de todas as águas balneares de Portugal, com a colaboração das Regiões Autónomas. Neste seguimento, a comunicação à CE no âmbito dos relatórios ambientais implica a monitorização e avaliação da qualidade das águas balneares. O CDG, objeto de estudo do presente projeto, reflete-se na identificação das instalações de monitorização do ambiente assente nos pontos de amostragem definidos, com base na localização das águas balneares. No âmbito da Diretiva INSPIRE, está previsto que o reporte seja realizado em separado, águas balneares de Portugal Continental e águas balneares das Regiões Autónomas, sendo que as respetivas entidades têm de remeter posteriormente a informação diretamente à CE. Contudo, a APA teve o interesse de proceder à harmonização do CDG incluindo os pontos que representam as instalações nos Açores e na Madeira, para o seu próprio repositório. Os ficheiros produzidos no presente projeto não serão remetidos à CE, mas cumprem o seu propósito, sendo base do futuro oficial CDG INSPIRE Águas balneares de Portugal e no apoio ao processo de harmonização de outros CDG.

O estudo das IRs e TG INSPIRE e das normas e padrões do OGC e da ISO requerem tempo, que por sua vez se traduz numa fase morosa aquando a harmonização de um CDG. A objetividade requerida na componente prática do presente projeto foi direcionada neste sentido e com base nas necessidades e objetivos da APA, tendo a harmonização sido realizada com sucesso, mesmo o tempo disposto ser limitado. A utilização das aplicações informáticas também requer adaptabilidade, pelo que para proceder à transformação usufruindo de todas as suas funcionalidades, é necessário o conhecimento prévio e a exploração das mesmas. Neste âmbito, também se sentiu que, havendo mais tempo para o desenvolvimento do trabalho, mais particularidades técnicas das aplicações poderiam ter sido exploradas e talvez dinamizado mais a harmonização dos dados.

O planeado e pretendido, a harmonização de um CDG prioritário e a comparação de duas ferramentas de transformação de dados conforme a Diretiva INSPIRE, tendo em conta as necessidades e interesses da APA, foi alcançado com sucesso. Inclusive, a documentação do processo de harmonização neste trabalho de projeto permite a sua aplicabilidade em futuros trabalhos e as transformações e os CDG harmonizados foram disponibilizados à instituição para futuras adaptações. A comparação das ferramentas de transformação de dados foi realizada, concluindo-se que ambas permitem a harmonização dos dados, no entanto a aplicação HALE oferece mais flexibilidade e funções para uma modelação simples e completa do modelo de dados alvo. Adicionalmente, também se comparou os resultados de dois serviços de validação (*INSPIRE Validator* e *eENVplus Validation Service*) e acredita-se que as diferenças constatadas poderão derivar por cada serviço efetuar uma diferente interpretação das normas, no entanto foi dada primazia ao *INSPIRE Validator*. A transformação dos dados e o mapeamento refletiu-se numa fase exaustiva, realizando-se múltiplas tentativas com o objetivo de explorar e compreender ao

máximo a modelação possível dos demais atributos, classes, associações e restrições de integridade do modelo de dados alvo, inclusive, a modelação exaustiva foi necessária para, na ótica do utilizador, identificar as particularidades técnicas de cada ferramenta de harmonização. A experiência obtida durante o processo de harmonização no âmbito da Diretiva INSPIRE permitiu a constatação dos desafios e das dificuldades que as equipas têm sentido na realização deste tipo de tarefa. As harmonizações realizadas na APA têm vindo a melhorar as capacidades dos técnicos através de processos tentativa e erro.

8.2 Dificuldades e limitações

O principal problema enfrentado na realização do presente projeto, foi o de conciliar os conhecimentos que se iam adquirindo, relativos a IRs e TG INSPIRE, normas e padrões do OGC e da ISO e casos de estudo de outros países, com a componente prática. A componente prática teve forçosamente um início prematuro, tendo em conta o conhecimento exigido sobre todo o domínio das IRs e TG envolvidas, devido ao tempo previsto para o desenvolvimento de todo o trabalho de projeto. Inclusive, na fase final do trabalho, devido a um melhor entendimento da matéria, houve necessidade de se efetuarem alguns melhoramentos na transformação dos dados recorrendo novamente às duas aplicações informáticas e repetição do processo de harmonização. Uma dificuldade encontrada neste trabalho, deveu-se à leitura extensa dos demais documentos INSPIRE, como também à compreensão da interligação existente entre cada um. A complexidade da Diretiva INSPIRE traduz-se numa matéria exigente que, sem a sua devida análise, não se consegue alcançar a interoperabilidade e harmonização dos CSDG. Outra dificuldade deveu-se à falta de conhecimentos informáticos, ultrapassada com ajuda da equipa multidisciplinar da APA. Situações como esta, provam que a implementação da presente diretiva envolve técnicos de diversas áreas e que a entreajuda é essencial para o seu sucesso. Os conhecimentos possuídos sobre bases de dados e UML foram essenciais para a compreensão do modelo de dados do EF. Apesar de ser possível encontrar as informações necessárias nas DS e noutras TG INSPIRE, o conhecimento prévio sobre bases de dados e a capacidade de interpretar diagramas UML é crucial e agiliza na compreensão dos modelos de dados alvo e requisitos da harmonização do CDG.

8.3 Novas perspetivas

O processo de interoperabilidade e harmonização precisa de ser clarificado, sendo uma imposição que requer uma grande experiência e conhecimento. Cada EM pode fazer a sua interpretação das IRs e TG INSPIRE, o que se reflete num processo longo e de aprendizagem constante. De um modo geral, a opinião partilhada pelos técnicos é que os processos de transformação são de elevada complexidade e que devem ser simplificados de forma a não irem muito além do estritamente necessário para garantir o reporte das diretivas e a interoperabilidade exigida. Porém, resultaria num grande progresso, se as instituições de cada EM se abstraíssem dos métodos adotados (outras TG), para se cingirem à Diretiva INSPIRE, tornando-a numa prática comum para mais rápido se alcançar a interoperabilidade e harmonização dos CSDG.

A componente exploratória e teórica do presente trabalho auxilia na compreensão da interligação dos documentos e legislação INSPIRE, na prática das normas e padrões do OGC e da ISO e como se deve recorrer a estes para implementar a presente diretiva. O sucesso do processo de harmonização requer esta extensa leitura pelo facto da implementação incluir requisitos legais, técnicos e recomendações que devem ser adotados. Uma vez que este trabalho se debruçou essencialmente no tema EF, é uma colaboração no que concerne à materialização das IRs e TG

INSPIRE no âmbito da harmonização de outros CDG, principalmente aos que se inserem na mesma categoria temática. O modelo de dados do EF foi explorado para permitir um melhor entendimento sobre o que envolve a transformação de dados espaciais neste tema e alternativas de modelação que a APA pode optar. O estudo dos casos do LUX e da AT foram os principais exemplos que serviram de orientação para este projeto, uma vez que também recorreram ao mesmo modelo de dados alvo e expõem a modelação que aplicaram, naturalmente adaptada às suas necessidades e respetivos CDG. Deste modo, a análise realizada aos casos também permite compreender como concatenar os objetivos dos CDG fonte com os modelos de dados alvo. O conhecimento detalhado dos dados fonte é essencial para realizar o mapeamento com o modelo de dados alvo. O preenchimento da tabela de correspondência ajuda neste mapeamento e permite a documentação e consulta do processo de harmonização. Foi fundamental o esclarecimento sobre a presença dos esquemas envolvidos na modelação, dos quais os modelos de dados das categorias temáticas INSPIRE dependem, à semelhança do modelo do EF, e compreendido quais os atributos e funções de associação obrigatórios e os que podem ser considerados dispensáveis. A modelação exaustiva realizada na componente prática neste projeto permitiu compreender as características de cada elemento do modelo de dados alvo e como se modelam nas ferramentas FME e HALE, clarificando que a interoperabilidade pode ser alcançada através de uma modelação assente num processo simples. As ferramentas de harmonização permitem a materialização das IRs e TG INSPIRE e são de fácil aprendizagem, estando inclusive à disposição dos utilizadores os respetivos manuais. Adicionalmente, ambas dispõem da validação dos dados transformados para que se proceda às respetivas correções ainda antes de se recorrer a um serviço de validação. O projeto permite uma reflexão do que poderá ser importante para uma instituição num processo de harmonização, os modelos propostos pela Diretiva INSPIRE são de grande complexidade mas permitem que sejam adaptados às necessidades dos EM, logo pretendeu-se explicar neste trabalho como todo o processo pode se resumir ao que é obrigatório e pertinente aquando uma modelação, tirando proveito dos tipos de elementos dos modelos de dados alvo, como o caso dos atributos *voidable*, também à semelhança do que foi constatado nos casos do LUX e da AT. Adicionalmente, o projeto também ajudou a compreender os alertas e os erros provenientes dos serviços de validação *INSPIRE Validator* e *eENVplus Validation Service* para uma modelação mais completa e conforme a Diretiva INSPIRE. Ambos são simples de utilizar e o facto de existir diferenças nos resultados obtidos, foi considerado como uma mais-valia, uma vez que as informações prestadas se complementam beneficiando para um grau de conformidade e processo de harmonização mais eficiente.

A implementação da Diretiva INSPIRE implica ultrapassar diversos obstáculos associados a uma nova aprendizagem, sempre com o pensamento de melhorar e adaptar os processos existentes de uma forma constante. Acresce o facto de as políticas ambientais terem ganho um peso significativo nos últimos anos, implicando consequentemente, uma maior necessidade de dispor dados espaciais harmonizados. Os CDG transfronteiriços eliminarão os obstáculos que atualmente dificultam a eficácia de medidas para o ambiente e apesar de a presente diretiva ter sido negociada e aprovada pelos EM, sendo transposta para a legislação nacional de cada país, os benefícios que uma IIG com dados interoperáveis pode oferecer, têm influenciado os países fora da UE a seguir as IRs e TG INSPIRE. A interoperabilidade exigida no âmbito da iniciativa INSPIRE (*Figura 8-1*), permitirá a partilha, a combinação e a interação de informação espacial proveniente de diversas fontes, para facilitar os processos de tomada de decisão em diferentes níveis administrativos, numa infraestrutura com novas oportunidades de utilização.

Figura 8-1: Logotipo INSPIRE. Fonte: INSPIRE [3].

Referências bibliográficas

[1] União Europeia (2014a). Texto consolidado: Regulamento (UE) n.º 1089/2010 da Comissão, de 23 de novembro de 2010, que estabelece as disposições de execução da Diretiva n.º 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho relativamente à interoperabilidade dos conjuntos e serviços de dados geográficos. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1596640439440&uri=CELEX:02010R1089-20141231 (consultado em janeiro de 2020).

[2] União Europeia (2019). Directiva n.º 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de março de 2007, que estabelece uma infraestrutura de informação geográfica na Comunidade Europeia (Inspire). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1596191590163&uri=CELEX:32007L0002 (consultado em janeiro de 2020).

[3] INSPIRE. INSPIRE knowledge base. https://inspire.ec.europa.eu/ (consultado em janeiro de 2020).

[4] Wetransform (2017). Your guide to INSPIRE implementation. https://www.wetransform.to/downloads/whitepapers/Your-Guide-to-implementing-the-EU-INSPIRE-Directive.pdf (consultado em janeiro de 2020).

[5] Costa, A. C. M. A. G. da (2013). Disponibilização de Informação geocientífica do LNEG no âmbito de projetos internacionais: a experiência do OneGeology-Europe. https://run.unl.pt/handle/10362/10529 (consultado em janeiro de 2020).

[6] Ministério do Ambiente, do O. do T. e do D. R. (2009). Decreto-Lei n.º 180/2009, de 7 de agosto, regime do Sistema Nacional de Informação Geográfica, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2007/2/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de março, que estabelece uma Infraestrutura de Informação Geográfica na Comunidade Europeia (INSPIRE), e revoga o Decreto-Lei n.º 53/90, de 13 de Fevereiro. https://dre.pt/pesquisa/-/search/494010/details/maximized (consultado em janeiro de 2020).

[7] Pereira, A. M. S. (2013). Implementação da diretiva INSPIRE na produção de cartografia geológica: o caso do estudo da Antiforma do Rosário, faixa Piritosa Ibérica. https://run.unl.pt/handle/10362/9678 (consultado em janeiro de 2020).

[8] Tirry, D. e Keijers, S. (2018). INSPIRE Data Specifications. https://www.geo-train.eu/modules/Basics_of_INSPIRE_Data_specifications/UPDATE/pdf/INSPIRE_Data_specifications_01-18.pdf (consultado em janeiro de 2020).

[9] INSPIRE (2013). D2.8.II/III.7 Data Specification on Environmental Monitoring Facilities – Technical Guidelines. https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/ef (consultado em janeiro de 2020).

[10] União Europeia (2008). Regulamento (CE) n.º 1205/2008 da Comissão, de 3 de dezembro, que estabelece as modalidades de aplicação da Diretiva n.º 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho em matéria de metadados. https://eur-

lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1596621889013&uri=CELEX:32008R1205 (consultado em janeiro de 2020).

[11] União Europeia (2014). Regulamento (UE) n.º 1311/2014 da Comissão, de 10 de dezembro de 2014, que altera o Regulamento (CE) n.º 976/2009 no respeitante à definição de um elemento de metadados INSPIRE. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1596639835892&uri=CELEX:32014R1311 (consultado em janeiro de 2020).

[12] União Europeia (2014b). Texto consolidado: Regulamento (CE) n.º 976/2009 da Comissão, de 19 de outubro de 2009, que estabelece as disposições de execução da Diretiva n.º 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita aos serviços de rede. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1596641384024&uri=CELEX:02009R0976-20141231 (consultado em janeiro de 2020).

[13] União Europeia (2010). Regulamento (UE) n.º 268/2010 da Comissão, de 29 de março de 2010, que estabelece as modalidades de aplicação da Diretiva n.º 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita ao acesso, em condições harmonizadas, das instituições e órgãos comunitários aos conjuntos e serviços de dados geográficos dos Estados-Membros. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1596641841155&uri=CELEX:32010R0268 (consultado em janeiro de 2020).

[14] União Europeia (2019a). Decisão de Execução (UE) n.º 2019/1372 da Comissão, de 19 de agosto de 2019, que estabelece as disposições de aplicação da Diretiva n.º 2007/2/CE do Parlamento Europeu e do Conselho no respeitante à monitorização e à apresentação de relatórios. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:32019D1372 (consultado em janeiro de 2020).

[15] União Europeia (2016). Proposed action for MIWP 2016-2020: List of priority data sets. https://ies-svn.jrc.ec.europa.eu/attachments/download/2007/ (consultado em fevereiro de 2020).

[16] União Europeia (2014c). Texto consolidado: Diretiva n.º 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de outubro de 2000 que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1597072817348&uri=CELEX:02000L0060-20141120 (consultado em abril de 2020).

[17] Safe Software. FME® Transformer Reference Guide. http://cdn.safe.com/resources/fme/FME-Transformer-Reference-Guide.pdf (consultado em março de 2020).

[18] Martirano, G., Vinci, F. e Morrone, S. (2014). Metadata and Data validation for INSPIRE. https://www.geo-train.eu/modules/Metadata_and_Data_validation_for_INSPIRE_V2/pdf/UPDATE/1_18/Metadata_and_Data_validation_for_INSPIRE_rev01-2018.pdf (consultado em abril de 2020).

[19] Epsilon Italia (2016). INSPIRE Validation Service. https://validation-service.inspire-helpdesk.eu/inspire-directive.html (consultado em abril de 2020).

[20] Zuna, T. (2016). Harmonização de dados geográficos de acordo com a Diretiva INSPIRE. O caso da Cartografia de Ocupação do Solo. https://snig.dgterritorio.gov.pt/docs/harmonizacao-de-dados-geograficos-de-acordo-com-diretiva-inspire-o-caso-da-cartografia-de (consultado em janeiro de 2020).

[21] Epsilon Italia (2015). Q&A about an online Executable Test Suite for INSPIRE dataset validation. https://www.youtube.com/watch?list=PLxd9iSIMqppFaZBzOuG-QyNVPzPC9bvhJ&time_continue=87&v=vWdoVjQb21I&feature=emb_logo (consultado em abril de 2020).

[22] Epsilon Italia (2015a). Video tutorial introducing to the use of the eENVplus Validation service, an on-line Executable Test Suite (ETS) for INSPIRE datasets. https://www.youtube.com/watch?list=PLxd9iSIMqppFaZBzOuG-QyNVPzPC9bvhJ&time_continue=9&v=OV0pQ7OUzXU&feature=emb_logo (consultado em abril de 2020).

[23] Ministério da Agricultura, do Mar, do A. e do O. do T. (2012). Decreto-Lei n.º 56/2012, de 12 de março, Lei Orgânica da Agência Portuguesa do Ambiente, I. P. https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/553603/details/normal?q=Decreto-Lei+n+56%2F2012 (consultado em janeiro de 2020).

[24] Baltazar, L. M. C. (2011). Implementação de uma infraestrutura de dados espaciais temática o caso do Sistema Nacional de Informação de Ambiente. https://repositorio.ul.pt/handle/10451/9342 (consultado em janeiro de 2020).

[25] DGT (2018). Nova estrutura organizacional dos Grupos de Trabalho INSPIRE (GTI). https://snig.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/documentos/667/Reestruturacao_GTI.pdf (consultado em março de 2020).

[26] DGT. Grupos e Redes. https://snig.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/documentos/813/GruposTrabalhoINSPIRE.pdf (consultado em março de 2020).

[27] União Europeia (2007). Directiva n.º 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2007, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações (Texto relevante para efeitos do EEE). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1597071757799&uri=CELEX:32007L0060 (consultado em abril de 2020).

[28] Cunha, S., Costa, J. P., Caldeira, F., Pereira, A., Baltazar, L., Fernandes, S. e Cruz, P. (2017). Modelo de Dados de Riscos Naturais – Caso de Estudo da Diretiva 2007/60/CE. https://www.dgterritorio.gov.pt/jiide2017/pdfs/JIIDE2017_Modelo_dados_riscos_naturais_Diretiva_200760CE_Sofia_Cunha.pdf (consultado em abril de 2020).

[29] União Europeia (2014d). Texto consolidado: Diretiva n.º 2006/7/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de fevereiro de 2006, relativa à gestão da qualidade das águas balneares e que revoga a Diretiva n.º 76/160/CEE. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?qid=1597133089070&uri=CELEX:02006L0007-20140101 (consultado em janeiro de 2020).

[30] Diário da República (2009). Decreto-Lei n.º 135/2009, de 3 de junho, Regime de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares e

de prestação de informação ao público. https://dre.pt/web/guest/legislacao-consolidada/-/lc/58828646/view?q=Diretiva+2006%2F7%2FCE (consultado em janeiro de 2020).

[31] Ministério da Agricultura, do Mar, do A. e do O. do T. (2012a). Decreto-Lei n.º 113/2012, de 23 de maio, primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 135/2009, de 3 de junho, regime de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares. https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/177865/details/normal?q=Decreto-Lei+n.º 113%2F2012+de+23+de+maio (consultado em janeiro de 2020).

[32] INSPIRE (2008). Drafting Team "Data Specifications" – deliverable D2.3: Definition of Annex Themes and Scope. https://inspire.ec.europa.eu/documents/definition-annex-themes-and-scope-d-23-version-30 (consultado em janeiro de 2020).

[33] INSPIRE (2013a). D2.8.III.11 INSPIRE Data Specification on Area Management/ Restriction/ Regulation Zones and Reporting Units – Technical Guidelines. https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/am (consultado em janeiro de 2020).

[34] União Europeia (2008a). Texto consolidado: Directiva do Conselho n.º 91/676/CEE, de 12 de dezembro de 1991, relativa à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:01991L0676-20081211 (consultado em abril de 2020).

[35] INSPIRE (2016). D2.9 Guidelines for the use of Observations & Measurements and Sensor Web Enablement-related standards in INSPIRE. https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/d2.9-o%26m-swe (consultado em fevereiro de 2020).

[36] INSPIRE (2014). D2.5: Generic Conceptual Model, Version 3.4. https://inspire.ec.europa.eu/documents/inspire-generic-conceptual-model (consultado em janeiro de 2020).

[37] INSPIRE (2014a). D2.8.I.5 INSPIRE Data Specification on Addresses – Guidelines. https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/ad (consultado em fevereiro de 2020).

[38] INSPIRE (2014b). D2.8.I.3 Data Specification on Geographical Names – Technical Guidelines. https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/gn (consultado em fevereiro de 2020).

[39] ISO (2003). ISO 19114:2003, Geographic information — Quality evaluation procedures. https://www.iso.org/standard/26019.html (consultado em fevereiro de 2020).

[40] OGC. Sensor Web Enablement (SWE). https://www.ogc.org/node/698 (consultado em fevereiro de 2020).

[41] Serronha, A. e Caldeira, F. (2017). Validador INSPIRE aplicado à toponímia | SNIG https://snig.dgterritorio.gov.pt/docs/validador-inspire-aplicado-toponimia (consultado em janeiro de 2020).

[42] INSPIRE (2014c). D2.7: Guidelines for the encoding of spatial data, Version 3.3. https://inspire.ec.europa.eu/documents/guidelines-encoding-spatial-data (consultado em janeiro de 2020).

ANEXOS

ANEXO A. CDG da responsabilidade da APA

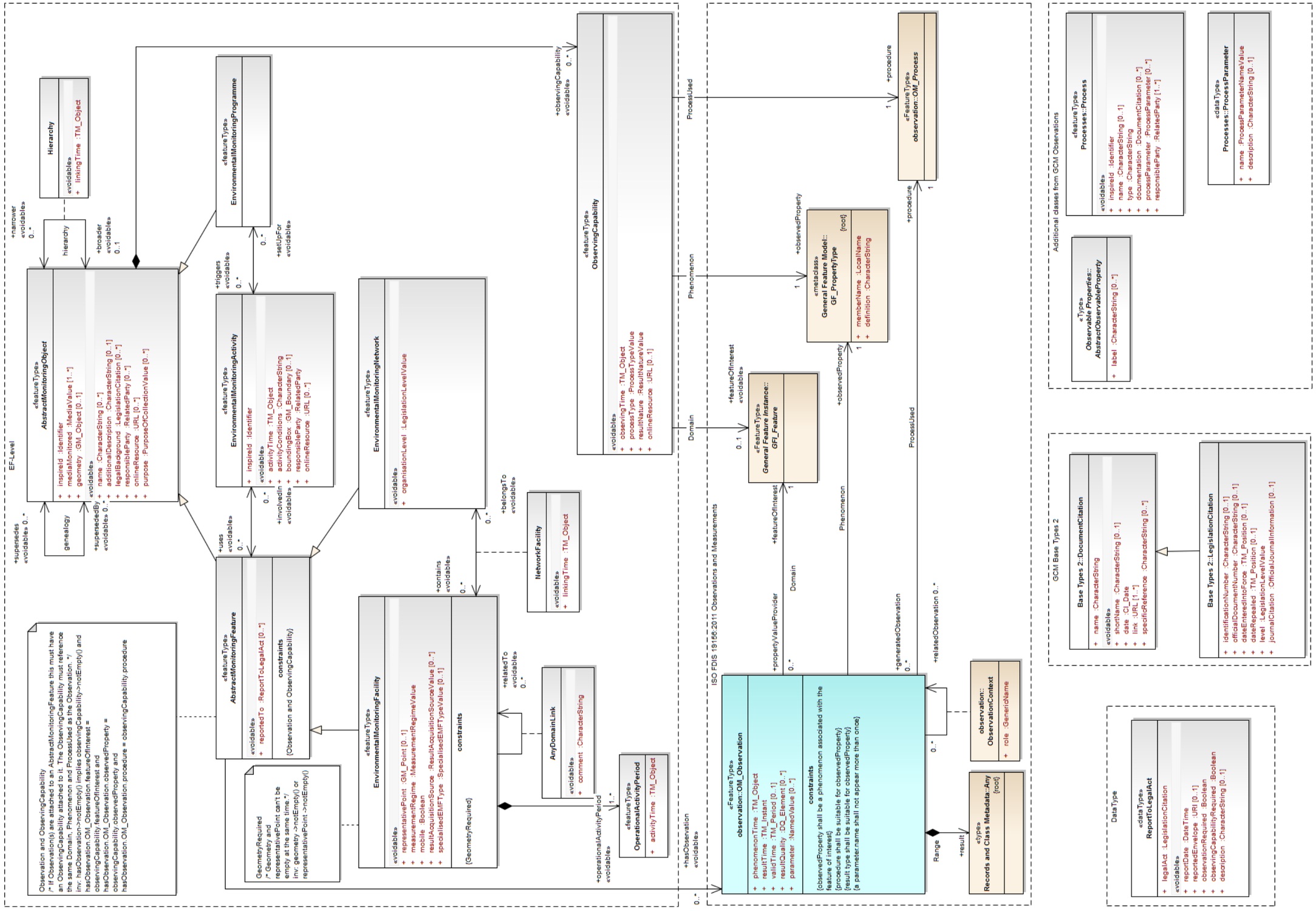
Temas dos Anexos I, II e III INSPIRE	Conjuntos de Dados Geográficos
Hidrografia (HY)	- Bacias dos troços de linha de água GeoCodificadas: CDG INSPIRE - Bacias Hidrográficas das Massas de Água de Portugal continental: CDG INSPIRE - Principais Bacias Hidrográficas (DQA): CDG INSPIRE - Rede hidrográfica GeoCodificada: CDG INSPIRE
Uso do solo (LU)	- Albufeiras de águas públicas de Portugal continental: CDG INSPIRE - Avaliação de Impacto Ambiental: CDG INSPIRE - Lagoas e lagos de águas públicas de Portugal continental: CDG INSPIRE - Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC): CDG INSPIRE - Planos de Ordenamento de Albufeiras de Águas Públicas (POAAP): CDG INSPIRE - POC - Áreas de Intervenção: CDG INSPIRE - POC - Áreas de recreio e lazer em Lagoas: CDG INSPIRE - POC - Áreas Estratégicas para Gestão Sedimentar: CDG INSPIRE - POC - Áreas Portuárias: CDG INSPIRE - POC - Áreas Predominantemente Artificializadas: CDG INSPIRE - POC - Faixas de Proteção das lagoas: CDG INSPIRE - POC - Limites Praias Marítimas: CDG INSPIRE - POC - Margem das Águas: CDG INSPIRE - POC - Nome e Classificação Praias Marítimas: CDG INSPIRE - POC - Núcleos Piscatórios: CDG INSPIRE - POC - Ondas com Especial Valor para os Desportos de Deslize: CDG INSPIRE - POC - Planos de Água das lagoas: CDG INSPIRE - POC - Rede Urbana Costeira: CDG INSPIRE - POC - Zona Marítima de Proteção: CDG INSPIRE - POC - Zona Terrestre de Proteção: CDG INSPIRE - POC - Zonas Balneares em lagoas: CDG INSPIRE - POC - Zonas Reservadas das lagoas: CDG INSPIRE
Serviços de utilidade pública e do Estado (US)	- Centros de receção de Pneus Usados: CDG INSPIRE - Equipamentos para Educação Ambiental para a Sustentabilidade: CDG INSPIRE - Infraestruturas de Gestão de Resíduos Urbanos: CDG INSPIRE - Locais de recolha de resíduos de pilhas e acumuladores: CDG INSPIRE - Operadores de Gestão de Resíduos (SILOGR): CDG INSPIRE - Operadores de Óleos Alimentares Usados: CDG INSPIRE
Instalações de monitorização do ambiente (EF)	- Águas balneares de Portugal: CDG INSPIRE* - Rede de Estações de Qualidade do Ar: CDG INSPIRE* - Rede de estações hidrométricas (SNIRH): CDG INSPIRE - Rede de Monitorização de Qualidade das Águas Subterrâneas - Diretiva Nitratos (2012-2015): CGD INSPIRE* - Rede de Monitorização de Qualidade das Águas Superficiais - Diretiva Nitratos (2012-2015): CDG INSPIRE* - Rede de Monitorização do Estado das Águas Superficiais (2º ciclo PGRH/ DQA): CDG INSPIRE* - Rede de Monitorização do Estado Quantitativo das Águas Subterrâneas (2º ciclo PGRH/ DQA): CDG INSPIRE* - Rede de Monitorização do Estado Químico das Águas Subterrâneas (2º ciclo PGRH/ DQA): CDG INSPIRE* - Rede Nacional de Alerta de Radioatividade no Ambiente (*Radar Data Network*, RADNET): CDG INSPIRE
Zonas de gestão/ restrição/ regulamentação e unidades de referência (AM)	- Áreas de influência das Zonas Sensíveis de Portugal: CDG INSPIRE - Massas de água subterrâneas de Portugal continental: CDG INSPIRE* - Massas de água superficiais Costeiras de Portugal continental: CDG INSPIRE* - Massas de água superficiais de Transição de Portugal continental: CDG INSPIRE* - Massas de água superficiais Rios (albufeiras) de Portugal continental: CDG INSPIRE* - Massas de água superficiais Rios de Portugal continental: CDG INSPIRE* - Qualidade do Ar - Zonas e Aglomerações: CDG INSPIRE* - Rede de Drenagem de Portugal continental dividida em Massas de Água (DQA): CDG INSPIRE* - Regiões hidrográficas de Portugal continental: CDG INSPIRE* - Resíduos Urbanos, zonas de gestão: CDG INSPIRE - Zonas designadas para a proteção de captação de água destinada ao consumo humano: CDG INSPIRE* - Zonas designadas para a proteção de espécies aquáticas de interesse económico: CDG INSPIRE* - Zonas menos sensíveis de Portugal: CDG INSPIRE* - Zonas sensíveis de Portugal: CDG INSPIRE*

* CDG prioritário.

Temas dos Anexos I, II e III INSPIRE	Conjuntos de Dados Geográficos
Instalações industriais e de produção (PF)	- Registo Europeu de Emissões e Transferência de Poluentes (PRTR): CDG INSPIRE* - Instalações abrangidas pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE): CDG INSPIRE - Prevenção de Acidentes Graves - Estabelecimentos abrangidos: CDG INSPIRE*
Zonas de risco natural (NZ)	- APSFR: CDG INSPIRE* - Carta de risco de inundação - Portugal continental - Consequência / Exposição de Inundação (Período de Retorno de 100 anos): CDG INSPIRE* - Carta de risco de inundação - Portugal continental - Consequência / Exposição de Inundação (Período de Retorno de 1000 anos): CDG INSPIRE* - Carta de risco de inundação - Portugal continental - Consequência / Exposição de Inundação (Período de Retorno de 20 anos): CDG INSPIRE* - Carta de risco de inundação - Portugal continental - Perigosidade da Inundação (Período de Retorno de 100 anos): CDG INSPIRE* - Carta de risco de inundação - Portugal continental - Perigosidade da Inundação (Período de Retorno de 1000 anos): CDG INSPIRE* - Carta de risco de inundação - Portugal continental - Perigosidade da Inundação (Período de Retorno de 20 anos): CDG INSPIRE* - Carta de risco de inundação - Portugal continental - Risco de Inundação (Período de Retorno de 100 anos): CDG INSPIRE* - Carta de risco de inundação - Portugal continental - Risco de Inundação (Período de Retorno de 1000 anos): CDG INSPIRE* - Carta de risco de inundação - Portugal continental - Risco de Inundação (Período de Retorno de 20 anos): CDG INSPIRE* - Carta de zonas inundáveis - Portugal continental - Limite da área de inundação (Período de Retorno de 100 anos): CDG INSPIRE* - Carta de zonas inundáveis - Portugal continental - Limite da área de inundação (Período de Retorno de 1000 anos): CDG INSPIRE* - Carta de zonas inundáveis - Portugal continental - Limite da área de inundação (Período de Retorno de 20 anos): CDG INSPIRE* - Carta de zonas inundáveis - Portugal continental - Profundidade da Inundação (Período de Retorno de 100 anos): CDG INSPIRE* - Carta de zonas inundáveis - Portugal continental - Profundidade da Inundação (Período de Retorno de 1000 anos): CDG INSPIRE* - Carta de zonas inundáveis - Portugal continental - Profundidade da Inundação (Período de Retorno de 20 anos): CDG INSPIRE* - Carta de zonas inundáveis - Portugal continental - Velocidade de Escoamento (Período de Retorno de 100 anos): CDG INSPIRE* - Carta de zonas inundáveis - Portugal continental - Velocidade de Escoamento (Período de Retorno de 1000 anos): CDG INSPIRE* - Carta de zonas inundáveis - Portugal continental - Velocidade de Escoamento (Período de Retorno de 20 anos): CDG INSPIRE* - POC - Áreas Críticas: CDG INSPIRE - POC - Faixas de Salvaguarda à Erosão Costeira: CDG INSPIRE - POC - Faixas de Salvaguarda ao Galgamento e Inundação Costeira: CDG INSPIRE - POC - Faixas de Salvaguarda em Litoral de Arriba: CDG INSPIRE

* CDG prioritário.

ANEXO B. Diagrama UML do modelo de dados do EF



Fonte: INSPIRE (2013) [9].